

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа

Технологические машины и оборудование нефтяного комплекса

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____ Э.А. Петровский
подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2016 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

21.03.01.07 – Эксплуатация и обслуживание технологических
объектов нефтегазового комплекса

Разработка технологии изготовления устройства для гидродетекторной
перфорации скважин

Руководитель	_____	<u>К. Т. Н., доцент</u>	<u>В. Б. Ясинский</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия

Выпускник	_____	<u>Н.В. Зайцев</u>
	подпись, дата	инициалы, фамилия

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа

Технологические машины и оборудование нефазового комплекса

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____ Э.А. Петровский
подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Зайцеву Николаю Викторовичу

(фамилия, имя, отчество)

Группа ГБ 12-07

Направление 21.03.01.07

(код)

Эксплуатация и обслуживание технологических объектов нефтегазового производства

(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы: Разработка технологии изготовления устройства для гидropескоструйной перфорации скважин.

Утверждена приказом по университету № _____ от _____

Руководитель ВКР: Ясинский Виталий Брониславович доцент кафедры _____

Технологические машины и оборудование нефтегазового комплекса

(инициалы, фамилия, место работы и должность)

Исходные данные для ВКР Техническая документация на пескоструйный перфоратор. Сборочные чертежи. Рабочие чертежи детали, результат патентного анализа конструкций гидropескоструйный перфораторов.

Перечень рассматриваемых разделов ВКР: Анализ методов и способов перфорации и конструкций перфораторов. Анализ служебного назначения, технические условия и технические требования перфораторов. Разработка технологий процессов сборки гидropескоструйного перфоратора. Разработка технологии. процессов изготовления деталей перфоратора.

Перечень графического или иллюстративного материала с указанием основных чертежей, плакатов: Способы перфорации скважины, конструкции и схемы перфорации, сборочный чертеж перфоратора, сборочный чертеж струйной насадки, рабочий чертёж корпуса.

Руководитель ВКР _____

подпись

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению _____

подпись, инициалы и фамилия студента

« ____ » _____ 20__ г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме: «Разработка технологии изготовления устройства для гидropескоструйной перфорации» содержит 16 рисунков, 4 таблицы, 1 приложение, 5 листов с графическим материалом.

ПЕРФОРАЦИЯ, ГИДРОПЕСКОСТРУЙНЫЙ ПЕРФОРАТОР, ГИДРОПЕСКОСТРУЙНАЯ ПЕРФАРАЦИЯ СКВАЖИНЫ, СОПЛО, СТРУЙНАЯ НАСАДКА, МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЕРФОРАТОРАЦИИ, СБОРКА ПЕРФОРАТОРА, СБОРКА СОПЛА.

Цель работы : Анализ методов и способов перфорации, и конструкций перфораторов. Анализ служебного назначения, технических условий и требований. Разработка технологии изготовления гидropескоструйного перфоратора, разработка технологии механической обработки и сборки. Расчёт параметров проведения гидropескоструйной перфорации скважины. подготовка рабочей документации.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Назначение и виды перфорации, влияние на окружающую среду	7
1.1 Пулевая перфорация	8
1.2 Торпедная перфорация	10
1.3 Кумулятивная перфорация	11
1.4 Гидропескоструйная перфорация	14
1.4.1 Охрана недр и окружающей среды	17
1.4.2 Охрана атмосферного воздуха от загрязнения	19
1.4.3 Охрана подземных вод от загрязнения и истощения	20
1.4.4 Охрана и рациональное использование земель	21
1.5 Расчет параметров гидропескоструйной перфорации скважины.....	24
2 Оборудование для гидропескоструйной перфорации	29
2.1 Гидропескоструйные перфораторы.....	33
2.2 Конструкция и материалы сопел	48
2.3 Состав жидкости для гидропескоструйной перфорации	51
3 Разработка технологии изготовления и сборки	54
3.1 Разработка технологических процессов изготовления корпуса.....	54
3.1.1 Служебное назначение	54
3.1.2 Анализ технологичности.....	54
3.1.3 Методы и схемы контроля	57
3.1.4 Определение припусков и межпереходных размеров.....	60
3.1.5 Проектирование технологических операций	70
3.2 Сборка гидропескоструйного перфоратора.....	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	82
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	83
ПРИЛОЖЕНИЕ А	86

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее эффективный метод повышения продуктивности скважин, и увеличения темпов отбора нефти является гидropескоструйная перфорация скважин (ГПП). Гидropескоструйная перфорация может быть определен как механический метод воздействия на продуктивный пласт, при котором порода разрывается по плоскостям минимальной прочности благодаря воздействию на пласт давления, создаваемого закачкой в пласт жидкости. В результате ГПП кратно повышается дебит добывающих или приемистость нагнетательных скважин за счет снижения гидравлических сопротивлений в призабойной зоне, увеличения фильтрационной поверхности скважины, а также увеличивается конечная нефтеотдача за счет приобщения к выработке слабо дренируемых зон и пропластков.

Выбор метода вскрытия пласта зависит от геологической характеристики месторождения, физико-механических свойств пород продуктивных отложений, пластового давления (изменения по этажу продуктивности).

Цель данной работы заключается в расчетах параметров для проведения ГПП, разработке процесса сборки и изготовления устройства для ГПП.

1 Назначение и виды перфорации, влияние на окружающую среду

Перфорация - операция, проводимая в скважине при помощи специальных стреляющих аппаратов (перфораторов) с целью создания в обсадной колонне отверстий, служащих для сообщения между скважиной и пластом-коллектором. Эти отверстия используются как для извлечения пластового флюида, так и для закачки в пласт или за трубное пространство воды, газа, цемента и др. агентов.

Выбор метода вскрытия пласта зависит от геологической характеристики месторождения, физико-механических свойств пород продуктивных отложений, пластового давления (изменения по этажу продуктивности).

Геологические условия, влияющие на выбор метода вскрытия пласта: общая толщина продуктивных месторождений, наличие подошвенных и локальных вод и их гидрогеологическая характеристика.

После того как обсадные трубы спущены в скважину и зацементированы, против продуктивной части пласта при помощи перфораторов делают отверстия в эксплуатационной колонне и цементном камне для соединения продуктивной части пласта с забоем скважины. Эта операция называется перфорацией. Применяются различные методы перфорации скважин: пулевая, торпедная, кумулятивная и гидropескоструйная.

При разработке процесса перфорации должны учитываться геолого-промысловая характеристика залежи, тип коллектора и технико-технологические данные по скважине:

- Толщина;
- ФЕС призабойной и удаленной зон пласта;
- Расчлененность;

- Литофациальная характеристика пласта;
- Вязкость нефти;
- Расстояние до контактов водонефтяного (ВНК), газонефтяного (ГНК) и газоводяного (ГВК);
- Пластовое давление;
- Температура в интервале перфорации;
- Число обсадных колонн в интервале перфорации;
- Минимальный внутренний диаметр в колонне труб;
- Максимальный угол отклонения скважины от вертикали;
- Состояние обсадной колонны и ее цементной оболочки;
- Свойства и состав жидкости, применявшейся при первичном вскрытии пласта.

В нефтегазодобывающих скважинах интервал перфорации определяется насыщенностью пород пластовыми флюидами и устанавливается геологической службой предприятий, ведущих буровые работы.

В случае вскрытия скважиной нефтенасыщенного пласта он перфорируется по всей толщине продуктивного объекта. [4]

1.1 Пулевая перфорация

При пулевой перфорации в скважину на электрическом кабеле спускается стреляющий пулевой аппарат, состоящий из нескольких (8 - 10) камер - стволов, заряженных пулями диаметром 12,5 мм. Каморы заряжаются взрывчатым веществом (ВВ) и детонаторами. При подаче электрического импульса происходит залп. Пули пробивают колонну, цемент и внедряются в породу. Существует два вида пулевых перфораторов:

Перфораторы с горизонтальными стволами. В этом случае длина стволов мала и ограничена радиальными габаритами перфоратора;

Перфораторы с вертикальными стволами с отклонителями пуль на концах для придания полету пули направления, близкого к перпендикулярному по отношению к оси скважины.

Пулевой перфоратор ПБ-2 собирается из нескольких секций. Вдоль секции просверлено два или четыре вертикальных канала, пересекающих камеры с ВВ, стволы которых заряжены пулями и закрыты герметизирующими прокладками. Верхняя секция - запальная имеет два запальных устройства. При подаче по кабелю тока срабатывает первое запальное устройство и детонация распространяется по вертикальному каналу во все камеры, пересекаемые этим каналом. В результате почти мгновенного сгорания ВВ давление газов в камере достигает 2 тыс. МПа, под действием которых пуля выбрасывается.

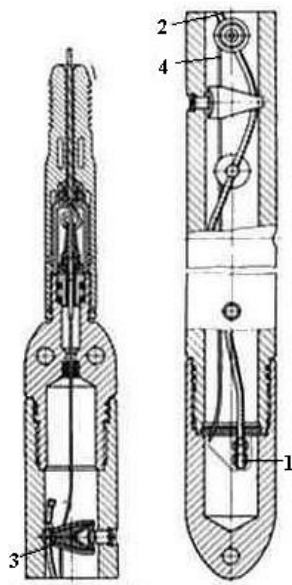


Рисунок 1 - Устройство для пулевой перфорации

Происходит почти одновременный выстрел из половины всех стволов. При необходимости удвоить число прострелов по второй жиле кабеля подается второй импульс и срабатывает вторая половина стволов от второго запального устройства. В этом перфораторе масса заряда ВВ одной камеры

мала и составляет 4-5 г, поэтому пробивная способность его невелика. Длина образующихся перфорационных каналов составляет 65 - 145 мм (в зависимости от прочности породы и типа перфоратора). Диаметр канала 12 мм. [5]

Одна камера отдает энергию взрыва сразу двум стволам. Масса ВВ в одной камере достигает 90 г. Давление газов в камерах здесь ниже и составляет 0,6 - 0,8 тыс. МПа, но действие их более продолжительное. Это позволяет увеличить начальную скорость вылета пули и пробивную способность перфоратора. Длина перфорационных каналов в породе получается 145 - 350 мм при диаметре около 20 мм. В каждой секции перфоратора имеются четыре вертикальных ствола, на концах которых сделаны плавные желобки - отклонители. Пули, изготовленные из легированной стали, для уменьшения трения в отклонителях покрываются медью или свинцом. Выстрел из всех стволов происходит практически одновременный, так как все камеры с ВВ сообщаются огнепроводным каналом. В каждой секции два ствола направлены вверх и два вниз. Это позволяет компенсировать реактивные силы, действующие на перфоратор.

1.2 Торпедная перфорация

Торпедная перфорация осуществляется аппаратами, спускаемыми на кабеле и стреляющими разрывными снарядами диаметром 22 мм. Внутренний заряд ВВ одного снаряда равен 5 г. Аппарат состоит из секций, в каждой из которых имеется по два горизонтальных ствола. Снаряд снабжен детонатором накольного типа. При остановке снаряда происходит взрыв внутреннего заряда и растрескивание окружающей горной породы. Масса ВВ одной камеры - 27 г. Глубина каналов по результатам испытаний составляет 100 - 160 мм, диаметр канала - 22 мм. На 1 м длины фильтра обычно

делается не более четырех отверстий, так как при торпедной перфорации часты случаи разрушения обсадных колонн.

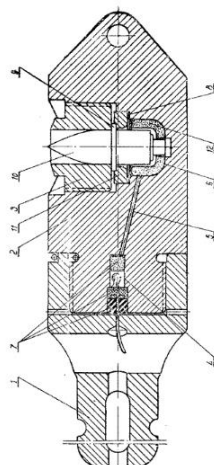


Рисунок 2 - Устройство для торпедной перфорации

Пулевая и торпедная перфорации применяются ограниченно, так как все больше вытесняются кумулятивной перфорацией.[5]

1.3 Кумулятивная перфорация

Кумулятивная перфорация осуществляется стреляющими перфораторами, не имеющими пуль или снарядов. Прострел преграды достигается за счет сфокусированного взрыва. Такая фокусировка обусловлена конической формой поверхности заряда ВВ, облицованной тонким металлическим покрытием (листовая медь толщиной 0,6 мм). Энергия взрыва в виде тонкого пучка газов - продуктов облицовки пробивает канал. Кумулятивная струя приобретает скорость в головной части до 6 - 8 км/с и создает давление на преграду до 0,15 - 0,3 млн. МПа.

При выстреле кумулятивным зарядом в преграде образуется узкий перфорационный канал глубиной до 350 мм и диаметром в средней части 8 - 14 мм. Размеры каналов зависят от прочности породы и типа перфоратора.

Все кумулятивные перфораторы имеют горизонтально расположенные заряды и разделяются на корпусные и бескорпусные. Корпусные

перфораторы после их перезаряда используются многократно. Бескорпусные - одноразового действия. Однако разработаны и корпусные перфораторы одноразового действия, в которых легкий корпус из обычной стали используется только лишь для герметизации зарядов при погружении их в скважину.

Перфораторы спускаются на кабеле (имеются малогабаритные перфораторы, опускаемые через НКТ), а также перфораторы, спускаемые на насосно-компрессорных трубах. В последнем случае инициирование взрыва производится не электрическим импульсом, а сбрасыванием в НКТ резинового шара, действующего как поршень на взрывное устройство. Масса ВВ одного кумулятивного заряда составляет (в зависимости от типа перфоратора) 25 - 50 г.

Максимальная толщина вскрываемого интервала кумулятивным перфоратором достигает 30 м, торпедным - 1 м, пулевым - до 2,5 м. Это является одной из причин широкого распространения кумулятивных перфораторов.. Электрический импульс подается на взрывной патрон находящийся в нижней части перфоратора. При взрыве детонация передается вверх от одного заряда к другому по детонирующему шнуру, обвивающему последовательно все заряды. Корпусные перфораторы позволяют простреливать интервал до 3,5 м за один спуск, корпусные одноразового действия - до 10м и бескорпусные или так называемые ленточные - до 30 м.

Ленточные перфораторы намного легче корпусных, однако их применение ограничено величинами давления и температуры на забое скважины, так как их взрывной патрон и детонирующий шнур находятся в непосредственном контакте со скважинной жидкостью. В ленточном перфораторе заряды смонтированы в стеклянных (или из другого материала'), герметичных чашках, которые размещены в отверстиях длинной стальной ленты с грузом на конце. Вся гирлянда спускается на кабеле.

Обычно при залпе лента полностью не разрушается, но для повторного использования не применяется. Головка, груз, лента после отстрела извлекаются на поверхность вместе с кабелем. К недостаткам бескорпусных перфораторов надо отнести невозможность контролирования числа отказов, тогда как в корпусных перфораторах такой контроль легко осуществим при осмотре извлеченного из скважины корпуса

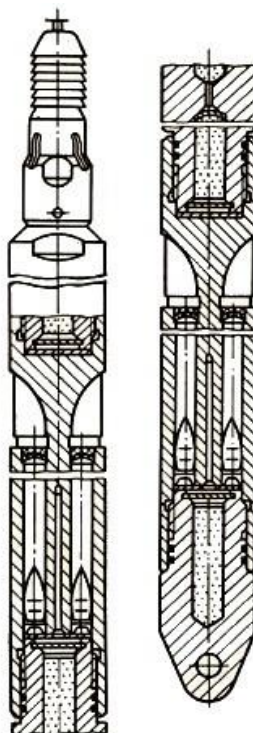


Рисунок 3 - Устройство для кумулятивной перфорации

Кумулятивные перфораторы нашли самое широкое распространение. Подбирая необходимые ВВ, можно в широких диапазонах регулировать их термостойкость и чувствительность к давлению и этим самым расширить возможности перфорации в скважинах с аномально высокими температурами и давлениями. Однако получение достаточно чистых с точки зрения фильтрации, и глубоких каналов в породе остается актуальной проблемой и до сих пор. В этом отношении определенным шагом вперед было осуществление пескоструйной перфорации, которая

позволяет получить достаточно чистые и глубокие перфорационные каналы в пласте. 6]

1.4 Гидропескоструйная перфорация

Гидропескоструйную перфорацию (ГПП) применяют при вскрытии плотных, как однородных, так и неоднородных по проницаемости, коллекторов перед ГРП для образования трещин в заданном интервале пласта, а также для обрезания труб в скважине при проведении ремонтных работ.

Не допускается проведение ГПП в условиях поглощения жидкости пластом.

Различают два варианта ГПП — точечная и щелевая.

При точечной ГПП канал образуют при неподвижном перфораторе. Щелевую — при движении перфоратора в вертикальном направлении.

Профиль и плотность ГПП определяют в зависимости от геолого-эксплуатационной характеристики коллектора. При осуществлении ГПП используют: перфораторы, НКТ, насосные агрегаты, пескосмесители, емкости для жидкости, сальниковую головку или превентор, а также жидкость-носитель и кварцевый песок. В качестве жидкости-носителя используют дегазированную нефть, 5-6 %-ный раствор соляной кислоты, воду (соленую или пресную) с добавками ПАВ, промывочный раствор, не загрязняющий коллектор. При работах в интервале непродуктивного пласта используют пресную воду или промывочную жидкость. Концентрация песка в жидкости-носителе должна составлять от 50 до 100 г/л.

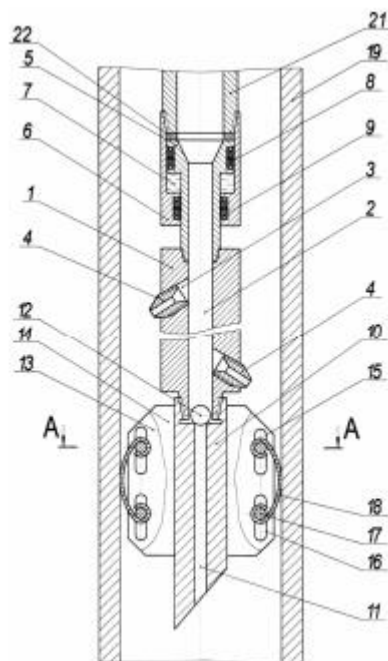


Рисунок 4 - Устройство для ГПП

1 - перфоратора; 2 - осевой канал; 3 - боковое отверстие; 4 - насадка 5- двухступенчатая втулка; 6 - двухступенчатая муфта, 7 - кольцевая герметичная полость; 8,9 - уплотнительные элементы; 10 - узел центрирующих элементов; 11 - канал с седлом; 12 - рабочий шар; 13,14 - сдвоенные вертикальные ребра; 15,16 - вертикальные пазы; 18 - упругие дугообразные пластины; 19 -обсадная колонна; 20 - втулка; 21- удлиненная колонна НКТ.

Продолжительность процесса при точечном вскрытии составляет 15 мин, при щелевом – не более 2-3 мин на каждый сантиметр длины цели.

Перепад давления жидкости на насадке (без учета потерь на трение в НКТ) составляет: при диаметре насадки 6мм – от 10 до 12 МПа; при диаметре насадки 4,5 мм – от 18 до 20 МПа.

Процесс ГПП осуществляют при движении НКТ снизу вверх.

При непредвиденных продолжительных остановках немедленно промывают скважину при обратной циркуляции.

После ГПП при обратной промывке вымывают шаровой клапан, промывают скважину до забоя до полного удаления песка из скважины, поднимают перфоратор и оборудуют скважину для освоения и

эксплуатации. Освоение фонтанных скважин допускается без подъема перфоратора.

При гидropескоструйной перфорации разрушение преграды происходит в результате использования абразивного и гидромониторного эффектов высокоскоростных песчано-жидкостных струй, вылетающих из насадок специального аппарата - пескоструйного перфоратора, прикрепленного к нижнему концу насосно-компрессорных труб. Песчано-жидкостная смесь закачивается в НКТ насосными агрегатами высокого давления, смонтированными на шасси тяжелых автомашин, поднимается из скважины на поверхность по кольцевому пространству. Это сравнительно новый метод вскрытия пласта. В настоящее время ежегодно обрабатываются около 1500 скважин этим методом. Область и масштабы применения гидropескоструйного метода обработки скважин постоянно расширяются, и кроме вскрытия пласта он нашел применение при капитальных ремонтах, вырезке колонн и в сочетании с другими методами воздействия.

При гидropескоструйной перфорации (ГПП) создание отверстий в колонне, цементном камне и канала в породе достигается приданием песчано-жидкостной струе очень большой скорости, достигающей нескольких сотен метров в секунду. Перепад давления при этом составляет 15 - 30 МПа. В породе вымывается каверна грушеобразной формы, обращенной узким конусом к перфорационному отверстию в колонне. Размеры каверны зависят от прочности горных пород, продолжительности воздействия и мощности песчано-жидкостной струи. При стендовых испытаниях были получены каналы до 0,5 м.

Размеры канала увеличиваются сначала быстро и затем стабилизируются в результате уменьшения скорости струи в канале и поглощения энергии встречным потоком жидкости, выходящей из канала через перфорационное отверстие.

1.4.1 Охрана недр и окружающей среды

Основными типами антропогенных воздействий на природу, изменение природы под их влиянием, являются:

- нефтяное загрязнение окружающей среды вследствие несовершенства технологии, аварийных разливов и несоблюдение природо-охранных требований;

- загрязнение атмосферы при сгорании газа в факелах и потери через негерметичное оборудование в районе компрессорной станции, при авариях на газо-нефтепроводах;

- загрязнение природной среды промышленными и бытовыми отходами;

- развитие отрицательных физико-геологических процессов в зоне строительства и эксплуатации объектов (изменение поверхностного стока, заболачивание, подтопление, развитие оврагов, оползней, эрозии, активизация криогенных процессов на участках распространения многолетне-мерзлых пород, засоление выходом сеноманских вод);

- значительное изъятие земель и изменение баланса земельного фонда за счет сельскохозяйственных и лесохозяйственных предприятий. И как следствие от вышеотмеченных воздействий на природу:

- сокращение площадей пастбищ и соответственно, поголовья скота;

- сокращение ареалов редких видов растений, площадей, занятых ягодниками, лекарственными растениями и другими ценными видами флоры;

- нарушение лесов и нерациональный расход древесины при обустройстве передвижных поселков, временных дорог, промплощадок и др.;

- сокращение рыбных запасов вследствие загрязнения поверхностных вод, нарушения гидрологического режима при строительстве и эксплуатации месторождений;

- сокращение численности видов диких животных из-за браконьерства и перераспределения мест обитания основных видов и т.д.

В соответствии с действующими законами, постановлениями и положениями Правительства РФ во всех проектных документах по разработке месторождения должны быть предусмотрены и реализованы на практике экологические исследования района работ и основные организационно-технические мероприятия, обеспечивающие безопасность населения, охрану недр, окружающей среды от возможных вредных воздействий, связанных с эксплуатацией залежи нефти.

Экологические исследования района работ включают в себя: анализ «исходного состояния» района; подробное описание состояния имеющихся уровней загрязнения; экологический инвентарь района (болот, озер, рек, лесов, торфяников); гидробиологические исследования рек и водоемов; составление гидрогеологической карты и карты растительности; подготовка комплекта документации с оценкой ущерба окружающей среды.

Общими мерами по охране окружающей среды являются: сокращение потерь нефти и газа; повышение герметичности и надежности нефтепромыслового оборудования; высокая степень утилизации нефтяного газа; оптимизация процессов сжигания топлива при одновременном снижении образования токсичных продуктов сгорания. Все линии сбора нефти и магистральные нефтепроводы должны выдерживать деформации почвы во время периода таяния. Предотвращение аварийных выбросов производится ранним обнаружением притока пластовых флюидов в скважину, ликвидацией проявлений, контролем за буровым раствором, герметизацией устья скважины и др.

Любой ущерб, нанесенный окружающей среде за пределами участков разработки, должен быть ликвидирован.

1.4.2 Охрана атмосферного воздуха от загрязнения

Основными вредными веществами, выбрасываемыми в атмосферу при разбурировании; и эксплуатации залежи, являются углеводороды, продукты сгорания газа и другого топлива (окислы углерода, оксиды азота, сажа и др. Количественное определение содержания вредных веществ в атмосферном воздухе осуществляется с использованием методик и инструкций Госкомприроды, Госкомгидромета и Минздрава. Весь комплекс организационно-технических мероприятий должен обеспечить соблюдение предельно-допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Чистота атмосферного воздуха обеспечивается путем сокращения абсолютных выбросов газов и обезвреживанием выбросов, содержащих вредные вещества.

При бурении скважин рекомендуется использовать замкнутую герметичную систему циркуляции бурового раствора, применять герметичные и закрытые емкости для хранения нефти и ГСМ, нейтрализовать и обезвреживать выхлопные газы ДВС, утилизировать попутный нефтяной газ, предупреждать газопроявления, предусмотреть автоматическое отключение нефтяных скважин при прорыве выкидной линии.

На аварийных факельных установках необходимо обеспечить полное и бездымное сгорание газов. По возможности факельные газы собирать в газгольдер для дальнейшего его использования, предусмотреть очистку сбрасываемого газа на факел от капельной нефти, оборудовать факела устройствами для дистанционного розжига горелок.

Необходимо обустроить площадь герметизированной системой сбора, подготовки и транспорта нефти. Продукты стабилизации нефти необходимо утилизировать, а не сжигать на факелах.

Нефтяные резервуары необходимо оборудовать клапанами в северном исполнении типа КДС в комплексе с дисками-отражателями и ГУС.

В качестве топлива рекомендуется использовать природный газ, процесс сжигания топлива следует оптимизировать.

О всех выбросах вредных веществ в случае аварии НГДУ должно сообщить в установленном порядке Комитету по охране природы по территориальной принадлежности.

1.4.3 Охрана подземных вод от загрязнения и истощения

Эта задача реализуется выделением и соблюдением водоохраных зон, повышением надежности магистральных нефтепроводов на участках прохождения через водоемы, оснащением бригад по ликвидации аварийных выбросов техникой и биобакпрепаратами для обработки загрязненной поверхности. Сброс промышленных стоков с объектов необходимо закачивать в продуктивные пласты.

Необходимо ежегодно разрабатывать и реализовывать водоохранные мероприятия по постановлению СМ СССР 64 от 19.01.88 «О первоочередных мерах по улучшению использования водных ресурсов в стране»:

- сокращение технологических потерь воды за счет регулирования закачки воды и пластового давления в зоне отбора нефти;
- рассредоточение объема закачки воды по пласту;
- снижение давления нагнетания в зоне ведения закачки по пласту;
- проведение ремонтно-изоляционных работ на обводненных скважинах;
- сокращение технических потерь воды в системе ГТГТД При бурении скважин:

- исключить размещение кустов скважин в зонах затопления и в пределах водоохранных зон; - предусматривать гидроизоляцию площадок под нефтепромысловые объекты;

- не применять в буровых растворах нефтепродукты и другие токсичные реагенты.

Использовать при бурении полимерный буровой раствор с КМЦ и ППА;

- применять четырехступенчатую очистку центрифуг;

-промливневые стоки с площадок ДНС, КНС и других объектов сбрасывать внефесборные коллектора;

- осуществлять биологическую очистку хозяйственно-бытовых стоков;

- делать обваловку вокруг нагнетательных скважин, емкостей и других объектов;

- при ремонтах скважин сбор нефтяной эмульсии осуществлять в коллектор;

- поверхностные водозаборные сооружения должны быть оборудованы рыбозащитными устройствами; - при ликвидации аварийных разливов предусмотреть использование адсорбентов.

1.4.4 Охрана и рациональное использование земель

При выборе площадок и трасс под строительство объектов основным критерием является минимальное использование лесов 1 и 2 групп, пойменной части рек и озер, а также обход кедровников, путей миграции животных и птиц. Принимается прокладка линейных сооружений (автодорог, трубопроводов, линий электропередач) в одном коридоре, что обеспечивает снижение площади занимаемых земель на 30-40%.

Земельные участки, отведенные в постоянное пользование, благоустраиваются с использованием предварительно снятого почвенно-

растительного слоя. Земли, передаваемые во временное пользование, подлежат восстановлению (рекультивации). Земельные участки приводятся в пригодное для использования по назначению состояние в ходе работ, а при невозможности этого не позднее, чем в течение года после завершения работ.

Согласно требованиям лесного хозяйства организации, выполняющие строительные работы обязаны:

- обеспечить минимальное повреждение почв, травянистой и моховой растительности;
- произвести очистку лесосек и ликвидировать порубочные остатки;
- не допускать повреждения корневых систем и стволов опушечных деревьев;
- не оставлять пни выше $1/3$ диаметра среза, а при рубке деревьев больше 30см-выше 10 см, считая высоту шейки корня.

По окончании буровых работ на кустах скважин проводятся ликвидация и рекультивация шламовых амбаров следующим образом:

- осветление, нейтрализация жидкой фазы с последующей откачкой в нефтесборный коллектор;
- засыпка шламового амбара привозным грунтом;
- устройство лежневого настила поверх территории амбара;
- укладка геотекстиля и отсыпка слоя толщиной 1м из привозного грунта;
- планировка рекультивируемой поверхности слоем торфо- песчаной смеси толщиной 15 см и почвосемян многолетних трав.

Выбуренные породы после отвердения с помощью цемента (10%) могут использоваться в качестве материала для насыпей.

Рекультивация нарушенных земель по трассам линейных трубопроводов носит природоохранное направление и выполняется в два этапа

Технический этап рекультивации состоит из срезки почвенно-растительного слоя толщиной 0.2-0.4 м и перемещение его во временные

отвалы до начала строительных работ и возвращение этого слоя из отвалов и планировка рекультивируемой поверхности по окончании строительства.

Биологический этап рекультивации включает дискование почвы боронами в один след, поверхностное внесение минеральных удобрений и посев многолетних трав мехспособом.

Для обеспечения потребности объектов строительства в грунте предусматривается использование месторождений песка, разрабатываемых гидромеханизированным способом. После окончания работ производится рекультивация карьера путем восстановления почвенно-растительного слоя с посевом трав,

Предотвращение аварийных разливов нефти и химреагентов обеспечивается: контролем давления в общем коллекторе и замерном сепараторе с сигнализацией предельных значений на ЗУ;

- в случае аварии на ДНС автоматическим переключением потока нефти в аварийные емкости;

- аварийным отключением насосных агрегатов на ДНС, КНС и узлах дозирования ингибиторов;

- применением химреагентов-ингибиторов коррозии, парафиногидратоотложений;

- закреплением трубопроводов на проектных отметках грузами и анкерами, препятствующими всплытию и порыву;

- прокладкой трубопроводов в кожухах через автомобильные дороги;

- контролем качества сварных швов трубопроводов методом радиографирования и магнитографирования и гидравлическое испытание на прочность и герметичность.

Ликвидация последствий аварий возлагается на аварийно-восстановительный участок, который должен быть создан в каждом НГДУ и оснащен техническими средствами согласно РД-39-0147103-376-86.

Работы проводятся согласно «Временной инструкции по ликвидации аварийных проливов нефти с водных и грунтовых поверхностей» (1989 г., НПО «Техника и технология добычи нефти»).

Охрана недр при производстве гидроразрыва пласта учитывается на стадии проектировочных расчетов, когда расчетная высота трещины не должна выходить более чем на 5 метров за границы проектного пласта. Практика показала, что расчеты производятся корректно.

Для решения вопросов охраны окружающей среды, проводятся следующие производствo гидроразрыва пласта можно при выполнении следующих условий:

- сделать анализ полученных данных по продуктивности скважин и эффективности воздействия гидроразрыва как на призабойную зону скважины, подвергавшейся воздействию, так и на изменение продуктивности соседних скважин
- наработать базу данных по гидроразрывам с использованием водных гелей
- произвести экспериментальные работы по увеличению количества и концентрации закачиваемого расклинивающего агента
- произвести экспериментальные работы по применению отечественных материалов для гидроразрывов пластов
- провести серьёзные научные исследования и выдать рекомендации по показателям прочностных и физических параметров пород продуктивных пластов.

1.5 Расчет параметров гидропескоструйной перфорации скважин

Скважина №728 куст 12 Ванкорского нефтегазоконденсатного месторождения.

Рассчитать основные характеристики для гидropескоструйной перфорации в добывающей скважине по методике Усачёва П.М.

Исходные данные:

Глубина скважины. Н (м)	2270
Внутренний диаметр НКТ d_n (м)	0,0759
Вязкость жидкости разрыва и песконосителя $\mu_{ж}$ (Па*с)	1,02
Плотность жидкости разрыва, $\rho_{ж}$ (кг/м ³)	1000
Плотность проппанта, кг/м ³ ρ_H (кг/м ³)	3270
расход жидкости, Q(м ³ /мин)	3
Количество песка, G_n (кг)	50000
Концентрация песка, C(кг/м ³)	900
V_p - объем жидкости разрыва, (м ³)	30
$V_{жп}$ - объем жидкости - песконосителя,(м ³)	91,6

1) Определим давление разрыва пласта

$$P_p = (1.74 \div 2.25) \cdot P_{ст} + \sigma_p \quad (1.1)$$

$$P_p = 1.8 \cdot 43.3 + 1.5 = 64.8 \text{ МПа}$$

Где P_p - давление разрыва пласта, МПа;

σ_p - сопротивление горной породы на разрыв. Оно обычно мало (1,5 ÷ 3,0 МПа) и существенно не влияет на давление разрыва.

$P_{ст}$ - гидростатическое давление столба жидкости, высота которого равна глубине залегания пласта, МПа

$$P_{ст} = \rho_{см} \cdot g \cdot H \quad (1.2)$$

$$P_{ст} = 1625 \cdot 10 \cdot 2670 = 43,3 \text{ МПа}$$

Где $\rho_{см}$ – плотность смеси

$$\rho_{см} = \rho_{ж} \cdot \left(1 - \frac{C_0}{\rho_H}\right) + C_0 \quad (1.3)$$

$$\rho_{см} = 1000 \cdot (1 - 0,275) + 900 = 1625 \text{ кг/м}^3$$

2) Определение давления на устье скважины при ГПП

Давление разрыва на забое скважины и давление на устье скважины связаны очевидным соотношением:

$$P_y = P_p - P_{ст} + P_{тр} \quad (1.4)$$

$$P_y = 64,8 - 43,3 + 13,14 = 34,8 \text{ МПа}$$

Где P_p - давление разрыва на забое скважины, МПа;
 $P_{тр}$ - потери давления на трение в НКТ, МПа;

$$P_{тр} = \lambda \cdot \frac{HV^2 \rho_{см} g}{d 2g} \quad (1.5)$$

$$P_{тр} = 0,0038 \cdot \frac{2670 \cdot 11,04^2 \cdot 1625 \cdot 10}{0,0759 \cdot 20} = 13,14 \text{ МПа}$$

Где λ - коэффициент трения, определяемый по соответствующим формулам в зависимости от числа Рейнольдса

V - линейная скорость потока в НКТ, м/с;
 d - внутренний диаметр НКТ, м;

Коэффициент трения определяется как

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt{Re}} = 0,0038 \quad (1.6)$$

Число Рейнольдса

$$Re = \frac{V d_{э} \rho_{см}}{\mu_{см}} \quad (1.7)$$

$$Re = (1104 \cdot 7,59 \cdot 1,625) / 1,96$$

Где $\mu_{см}$ - вязкость песчаножидкостной смеси, Па·с

$$\mu_{см} = \mu_{ж} e^{3,18C} \quad (1.8)$$

$$\mu_{см} = 1,02 \cdot 2,71^{3,18 \times 0,215} = 1,96 \text{ Па с}$$

Линейная скорость потока в НКТ, м/с

$$V = \frac{4Q}{\pi d_3^2} \quad (1.9)$$

$$V = \frac{4 \cdot 50000}{3,14 \times 7,59^2} = 1104 \text{ см/с}$$

Где Q - расход жидкости, см³/с

3) Объем жидкости - песконосителя определяется как:

$$V_{жп} = \frac{G_{п}}{C} \quad (1.10)$$

Где $V_{жп}$ - объем жидкости - песконосителя, м³;

$G_{п}$ - количество песка, кг;

C - концентрация песка, кг/м³.

4) Объем продавочной жидкости

$$V_{пр} = K \frac{\pi \cdot d^2 \cdot H}{4} \quad (1.11)$$

$$V_{пр} = \frac{1.2 \cdot 3.14 \cdot 0.07592^2 \cdot 2670}{4} = 14.5 \text{ м}^3$$

Где $V_{пр}$ - объем продавочной жидкости, м³;

K - коэффициент, учитывающий превышение объема жидкости над объемом труб (1,2 - 1,3);

H - глубина спуска труб, м.

5) Необходимое число насосных агрегатов

$$N = \frac{P_y \cdot Q_{ж}}{Q_p P_p K_{тс}} + 1 \quad (1.12)$$

$$N = 3$$

Где P_p – рабочее давление агрегата;

Q_p – подача агрегата при данном P_p ;

$K_{тс}$ – коэффициент технического состояния агрегата ($K_{тс} = 0.5 - 0.8$).

Расчет параметров трещин производится в специальных программах. Использование программы MFRAC-3 позволяет всесторонне рассмотреть различные варианты закачки жидкости в пласт, различное расположение расклинивателя в пласте, определить параметры трещины, этапы её образования и т.д. Единственным недостатком программы является то, что она требует ювелирно-точных исходных данных при моделировании и не

позволяет уточнять требуемые данные по фактическим результатам ГПП. Проведённые наукой исследования по определению физических и прочностных характеристик пласта оказались слишком поверхностными и не могли описать происходящих в пласте процессов. Например, величина прочности породы на сжатие минимальная для конкретного пласта отличается от максимального предложенного значения кратным образом. При производстве ГПП в сложных пластовых условиях, эта программа, тем не менее, позволяет решать некоторые вопросы по определению конфигурации образовавшихся трещин и методов их заполнения расклинивателем. [14]

Основой расчёта взята методика расчёта параметров закачки, предложенная Усачёвым П.М., использованы так же различные справочные пособия по ГПП и другая доступная отечественная литература.

По мере изменения тех или иных исходных данных, можно прогнозировать изменение ожидаемого давления на устье, объёма трещины и давление закрытия трещины, или, другими словами, можно определить минимально возможную скорость закачки для успешности проведения процесса.

2 Оборудование для гидropескоструйной перфорации

Смеситель (Блендер). Смеситель монтируется на грузовом автомобиле типа и рассчитана на эксплуатацию в диапазоне температур окружающего воздуха от -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$.

Смесительная система. Смесительный бак. Смесительная система содержит цилиндрический смеситель, построенный на принципе "бак в баке" для обеспечения полного и равномерного смешивания растворов. Чистая жидкость поступает в смесительный бак через всасывающий коллектор и далее проходит в радиальном направлении внутри наружной жидкостной камеры. Циркулируя в наружной камере, жидкость перетекает через верхнюю радиальную кромку наружной стенки внутренней камеры, во внутреннюю смесительную камеру, смешиваясь с подаваемыми в нее расклинивающими агентами. Благодаря большой поверхностной зоне наклонных стенок внутренней камеры проппант тщательно увлажняется, не вызывая при этом ненужной аэрации раствора

В нижней части камеры установлен миксер с регулируемой скоростью вращения лопаток, который обеспечивает полное и равномерное смешивание раствора. Смеситель содержит также систему автоматического регулирования уровня жидкости. В камеру смешивания также подаются химические добавки из соответствующих систем сухих и жидких добавок.

Шнеки для загрузки расклинивающего агента.

В задней части установки монтируются два шнека диаметром 30.5 см с переменной частотой вращения. У основания шнековых транспортеров установлен стальной бункер для загрузки проппанта.

На шнеках смонтированы электрические датчики для регистрации объема и скорости подачи проппанта. Шнековый транспортер поднимается и опускается в транспортное или рабочее положение. Имеется также механическое блокировочное устройство для фиксации шнеков в установленном гидромеханизмами положении.

Всасывающий насос и коллекторы. Всасывающий центробежный насос обеспечивает перекачивание жидкостей с интенсивностью 11 м³/мин, из емкостей в смесительный бак или к насосным установкам.

На всасывающем коллекторе смонтировано девять входных штуцеров диаметром 4" с дроссельным затвором в каждом и соединительным фитингом с внутренней резьбой.

Нагнетательная линия соединяется трубопроводами со смесительным баком.

Нагнетательный насос. Нагнетательный центробежный насос обеспечивает перекачивание жидкостей с интенсивностью 11 м³/мин, из смесительного бака, насыщенные пропантом смеси.

На нагнетательном коллекторе смонтировано шесть входных штуцеров диаметром 4" с дроссельным клапаном в каждом и соединительным фитингом с внутренней резьбой.

Контрольные приборы (расходомеры и плотномеры).

Между всасывающим коллектором и смесительным баком устанавливается расходомер турбинного типа. Такой же расходомер устанавливается и в нагнетательной магистрали. Там же смонтирован плотномер наклонного типа 200 MCI.

Эти приборы оборудуются соответствующими датчиками и электрическими кабелями для соединения этих приборов с суммирующими цифровыми приборами. [16]

Система сухих добавок.

Смеситель оснащен двумя системами сухих добавок с изменяемой частотой вращения. Для подачи сыпучих химикатов используются шнековые транспортеры с производительностью 0.037 м³/мин.

Система жидких химических добавок.

Смесительная установка оснащена двумя насосными системами жидких добавок с изменяемой частотой вращения каждая из них оборудована расходомерами в нагнетательной линии с датчиками и кабелями

для соединения с сумматорами расхода добавок, которые смонтированы в кабине управления установкой.

Блок манифольдов.

Установка смонтирована на грузовом а/м и предназначена для работы в диапазоне температур от - 40°C до +40°C. На шасси смонтирован гидравлический кран "MFG" с поворотной стрелой, который используется для снятия и установки сетчатого короба с гибкими соединениями, а также для других погрузочно-разгрузочных работ.

Блок манифольдов состоит из двух частей: манифольда низкого давления и манифольда высокого давления. Манифольд низкого давления представляет собой сварную конструкцию из стальных труб диаметром 10". Манифольд имеет 8 точек ввода, соединяемых шлангами с нагнетательной линией смесителя и по 6 выводов диаметром 4" с каждой стороны манифольда для подсоединения всасывающих линий насосных установок. Каждое соединение имеет дроссельный клапан.

Манифольд высокого давления представляет собой конструкцию, собранную из стальных труб диаметром 3", жестко закрепленную на салазках и служит для подключения до шести насосных установок. На каждом из вводов установлен обратный клапан, что исключает переток жидкости из линии высокого давления в насос и задвижка поворотного типа.

Снятие показаний давления в манифольде производится через датчик, соединенный при помощи кабеля с аналого-цифровым преобразователем, установленным в станции управления.

Блок манифольдов оснащен комплектом труб диаметром 3" и гибких соединений диаметром 3" различной длины. Демонтаж и монтаж блока производится при помощи гидравлической лебедки, смонтированной на шасси автомобиля.

Насосная установка.

Установка может нагнетать ингибированную кислоту и прочие расклинивающие растворы; управляется на расстоянии либо с пульта дистанционного управления, либо с помощью станции управления.

Передвижная автоматизированная установка сбора данных и управления.

Это установка с программным и техническим обеспечением, она включает вспомогательный пульт управления ГПП и компьютерные устройства для сбора и регистрации данных, обработки полученных результатов и т.д.

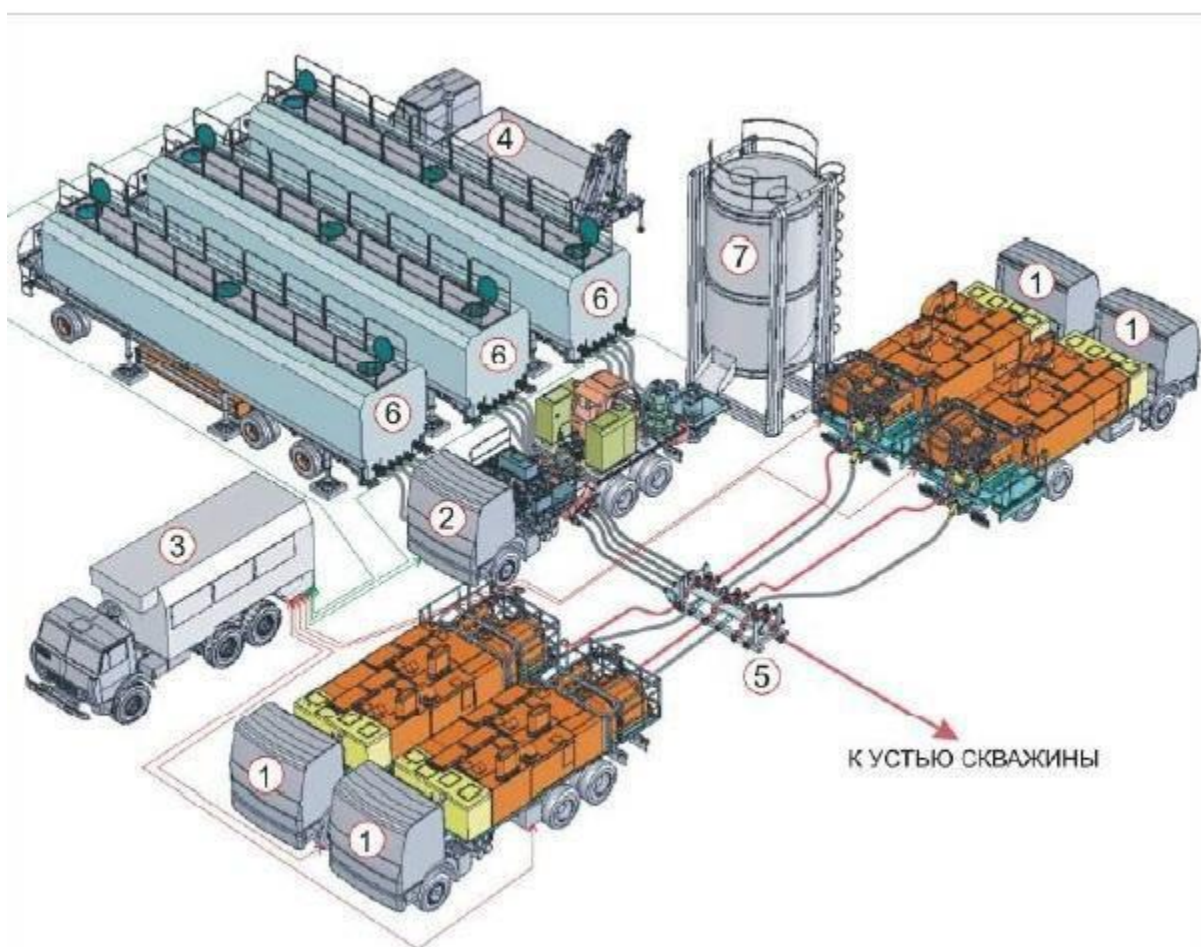


Рисунок 5 – Схема размещения оборудования для проведения ГПП.

1— насосный агрегат; 2 — пескосмесительный агрегат;

3— станция контроля и управления процессом;

4 — машина манифольдов; 5 — блок манифольдов; 6 — емкости гелевые; 7— бункер для проппанта

Сигналы от внешних устройств поступают на стойку аналогово-цифрового преобразователя. Преобразованные сигналы поступают на 2 компьютера (pentium), где регистрируются в режиме реального времени. Контроль за производством ГПП в режиме реального времени производится при помощи программы SSLOGO, регистрирующей сигналы от любых вышеперечисленных внешних устройств что позволяет оперативно вносить необходимые коррективы в процесс ГПП. Питание всех систем производится от генератора мощностью 6.4 кВт при частоте вращения 1500 об/мин. Привод генератора - дизельный двигатель.

Рабочие жидкости для ГПП представляют собой эмульсии и жидкости на углеводородной или водной основах с песком.

Наиболее часто в процессе ГПП на промыслах применяют следующие рабочие жидкости. На углеводородной основе - дегазированная нефть, амбарная нефть, загущенная нефть, мазут или его смеси с нефтями, керосин или дизельное топливо, загущенное специальными реагентами. На водной основе - сульфит-спиртовая барда, вода, растворы соляной кислоты; вода, загущенная различными реагентами, загущенные растворы соляной кислоты. Эмульсии - гидрофобная водо-нефтяная, гидрофильная водонефтяная, нефтекислотные и керосинокислотные.

2.1 Гидропескоструйные перфораторы

Гидропескоструйную перфорацию скважин применяют для вскрытия пластов в процессе опробования разведочных скважин, вскрытия пластов в скважинах, оборудуемых для отдельной эксплуатации двух и более пластов одной скважиной, вскрытия пластов с трещиноватыми коллекторами. При таком способе вскрытия пласта не получают должного эффекта в интервалах, ранее обработанных соляной кислотой или после гидроразрыва, а также после повторного вскрытия высокопроницаемых пластов с низким пластовым давлением.

При гидropескоструйной перфорации создание отверстий в колонне, цементном камне и канала в породе достигается приданием песчано-жидкостной струе очень большой скорости, достигающей нескольких сотен метров в секунду. Перепад давления при этом составляет 15 - 30 МПа. В породе вымывается каверна грушеобразной формы, обращенной узким конусом к перфорационному отверстию в колонне. Размеры каверны зависят от прочности горных пород, продолжительности воздействия и мощности песчано-жидкостной струи. При стендовых испытаниях были получены каналы до 0,5 м. Размеры канала увеличиваются сначала быстро и затем стабилизируются в результате уменьшения скорости струи в канале и поглощения энергии встречным потоком жидкости, выходящей из канала через перфорационное отверстие.

Имеет место щелевая гидropескоструйная перфорация (ЩГПП) эксплуатационных колонн нефтедобывающих скважин при вторичном вскрытии продуктивных пластов.

Метод заключается в создании в эксплуатационной колонне и в продуктивном пласте каналов фильтрации с использованием кинетической энергии и абразивного воздействия струи жидкости, имеющей в своем составе кварцевый песок. Такая струя жидкости, истекающая под высоким давлением в направлении стенки скважины, интенсивно разрушает в заданном интервале металл обсадной колонны, далее цементное кольцо и породу, создавая канал по которому происходит сообщение скважины с пластом.

Технология позволяет выполнять операции по вскрытию пластов без резких ударных нагрузок на цементный камень и призабойную зону пласта, которые могут привести к образованию вертикальных техногенных трещин как это происходит при других методах перфорации и, как следствие, к быстрому обводнению скважин в водонефтяных зонах.

Также технология позволяет селективно вскрывать только продуктивные пропластки, не нарушая перемиčky между ними.

Является единственным методом, позволяющим снять напряженное состояние пород в прискважинной зоне, что способствует повышению фильтрационно-емкостных свойств и, как следствие, продуктивности скважины (на 40-50 % и более).

В результате, имеет место восстановление потенциальных дебитов нефтедобывающих и значительное повышение результативности основных методов воздействия на пласт нагнетательных скважин.

Является, также, единственным методом, позволяющим производить вторичное вскрытие продуктивных пластов при критическом состоянии цементного камня за счет щадящих режимов ее выполнения.

Разработанный метод ЩГПП позволяет формировать протяженные и глубокие щели (длинной 0,25 м, глубиной 0,4 м и шириной 0,04 м), в результате достигнуто увеличение площади фильтрации, составляющей 68,9-81,4 % от площади открытого ствола скважины.

ЩГПП выгодно отличается от других методов перфорации, таких как сверление и гидромеханическая перфорация.

Многократное по сравнению с другими методами перфорации увеличение площади вскрытия пласта. Удельная площадь вскрытия продуктивного пласта на 80-90% больше, а радиус проникновения в 2 раза выше, чем при кумулятивной перфорации.

ЩГПП предполагает сверление перфорационных отверстий большого диаметра с их оптимальным пространственным расположением, прорезание в обсадной колонне продольных щелей с последующим размывом цементного камня и породы-коллектора высоконапорной струей скважинной жидкости - перспективная альтернатива стреляющим перфораторам, вызывающим катастрофическое разрушение крепи скважин не только в интервале перфорации, но и на несколько метров за его пределами.

Кроме перфорации скважин, гидропескоструйная перфорация применяется для создания каналов, соединяющих ствол скважины с пластом, при кислотной обработке скважин и других методах воздействия на

призабойную зону. Вместе с тем, для увеличения производительности добывающих скважин, гидropескоструйную перфорацию применяют для:

- выполнения глубоких кольцевых и вертикальных щелей, способствующих образованию трещин при гидроразрыве пласта;
- срезания обсадных, бурильных и насосно-компрессорных труб;
- разрушения металла на забое, а также твёрдых пробок в скважине;
- расширения диаметра в необсаженной части скважины;

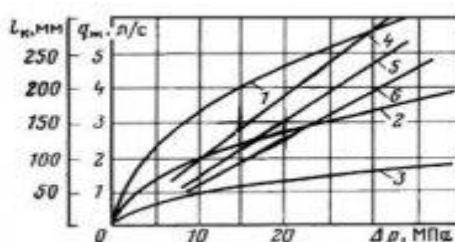


Рисунок 6 – Зависимость расхода водопесчаной смеси $q_{ж}$ и глубины образующихся каналов l_k от перепада давления Δp в насадке для трех ее диаметров

Применение этих методов, внедрение их в практику возможно при совместном участии ведомства занимающегося практикой ремонта и восстановления скважин и конструкторов. В общем, при изучении проблемы и связанного с проблемой материала по способам ремонта скважин оборудования подземного стволов скважин, надземного оборудования, правилам безопасности работы со скважинами инструментом и технологией конструктор сможет эффективно и квалифицированно помочь в создании комплекса по ГПП. Специфика работы конструктора необычно узкая, требует детального изучения технических условий и плотной, совместной работы с технологами и учеными. Больше всего для такой работы подходит конструктор, который до этого занимался оборудованием по добычи и транспортировки газа, и был в связи с этим, тесно связан с эксплуатацией скважин. [15]

Проблема непростая из-за того что объект расположен на глубине 2500 метров и с ним ограничена связь и управление им. Прежде всего предстоит детальное изучение метода ГПП. При создании комплекса, большое значение уделяется стендовым, наземным испытаниям перфоратора и всего комплекса в целом. Именно в ходе исследования различных режимов работы, вырабатываются навыки по освоению нового метода вскрытия пласта и проверяются расчеты ГПП.

Стендовые испытания ГПП, проведенные ВНИИ, позволили установить соотношения между параметрами процесса (рис. 1), необходимые для его проектирования. Результаты, приведенные на рис. 1, получены при разрушении цементных блоков, утопленной под уровень жидкости струей водопесчаной смеси.

Установлено, что концентрация песка в жидкости обычно составляет 80-100 кг/м, диаметр частиц кварцевого песка 03-0,8 мм и твердосплавные и керамические насадки должны быть диаметрами отверстий 3-6 мм.

Только после получения устойчивых положительных результатов, выверки приемов работы на стенде, следует приступать к опытным работам на скважинах.

Пример конструкции гидронескоструйного перфоратора

Головка перфорационная состоит из толстостенного корпуса, в который ввинчивается до десяти насадок из абразивно-стойкого материала (керамики, твердых сплавов). Нагнетаемая жидкость с песком выходит только через насадки.

Насадки перфоратора диаметром 4,5 мм и длиной 20 мм, изготавливаемые из абразивостойких сплавов, установлены под углом 2 - 3° к горизонтальной плоскости. Это повышает абразивное действие струи в результате изменения направления и снижения отрицательного действия отраженной струи, а также исключает разрушение корпуса насадок. В зависимости от вида перфорации насадки в перфораторе устанавливаются различно. Для вскрытия пласта путем создания горизонтальной круглой

щели четыре насадки размещаются в одной горизонтальной плоскости, в остальные гнезда ввинчиваются заглушки. При создании диаметрально противоположных вертикальных щелей насадки размещаются в вертикальной плоскости по две или три с каждой стороны перфоратора. Число и размещение насадок при создании каналов в породе определяется геолого-промысловыми условиями.

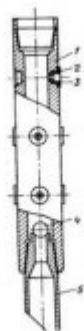


Рисунок 7 – Гидропескоструйный перфоратор: 1 - корпус; 2 - держатель; 3 - струйная насадка; 4 - шаровой клапан; 5 - направляющая насадка

Насадки диаметром 3 мм применяются для вырезки прихваченных труб в обсаженной скважине, когда глубина резания должна быть минимальной. Насадки диаметром 4,5 мм используются для перфорации обсадных колонн, а также при других работах, когда возможный расход жидкости ограничен. Насадки диаметром 6 мм применяют для получения максимальной глубины каналов и при ограничении процесса по давлению.

Медленно вращая пескоструйный аппарат, или вертикально перемещая его, можно получить горизонтальные или вертикальные надрезы и каналы.

Однако практически проделывать операции вращения и контролировать положение аппарата не представляется возможным, когда глубина достигает 2500 метров и больше.

Опасность операции связана с большой энергией струи и возникающими при достижении высоких уровней перепадов давлений вибрациями. Поэтому нами разработана головка перфоратора с самофиксацией в стволе скважины. Фиксация срабатывает при достижении

рабочего перепада давления, при этом перемещение головки, вызванное удлинением НКТ, практически завершается.

Только после фиксации возможен плавный поворот головки, ее сопловой части, на расчетный угол. Автором проработан вариант поворота за счет реактивной энергии вытекающей жидкости. При этом сопла на головке располагают тангенциально, при истечении струй возникает реактивный поворотный момент, и корпус аппарата стремится повернуться вокруг оси.

Для совершения поворота на необходимый угол в конструкцию головки, в ее сопловой части вводится упругое звено определённой жёсткости. При определенном давлении жидкости и соответствующей давлению скорости истечения жидкости из сопел, аппарат поворачивается на расчетный угол, прорезая щель. Упругое звено представляется как торсионная пружина кручения. Это новинка, конструктивное решение для которой предложено автором данной статьи.

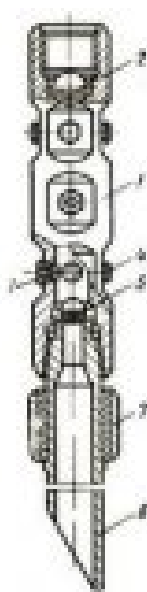


Рисунок 8 – Аппарат для пескоструйной перфорации:

1 - корпус. 2 - шар опрессовочного клапана; 3 - узел насадки; 4 - заглушка; 5 - шар клапана;
6 - хвостовик; 7 - центратор

Для осуществления начала операции резания в пескоструйном аппарате предусмотрены два шаровых клапана, сбрасываемых с поверхности. Диаметр

нижнего клапана меньше, чем седло верхнего клапана, поэтому нижний шар свободно проходит через седло верхнего клапана. Перфорация производится пескоструйным аппаратом, спускаемым на насосно-компрессорных трубах, в которые ввинчиваются шесть насадок для одновременного создания шести перфорационных каналов. При малой подаче насосных агрегатов часть отверстий может быть заглушена пробками. Насадки в стальной оправе изготавливаются из твердых сплавов, устойчивых против износа водопесчаной смесью, трех стандартных диаметров 3, 4, 5 и 6 мм. Для устойчивой работы гидроперфоратора, без вибраций, перфорационную головку оснащают гидравлическими опорами. Опоры приводятся в действие при достижении рабочего давления реза, они распирают головку в стволе скважины.

В качестве рабочей используют различные жидкости, исходя из условия ее относительной дешевизны, предотвращения ухудшения коллекторских свойств пласта и открытого фонтанирования. Состав жидкости устанавливают в лабораториях. Для целей ГПП используют воду, 5 - 6%-ный раствор ингибированной соляной кислоты, дегазированную нефть, пластовую сточную или соленую воду с ПАВами, промывочный раствор. В случае если плотность рабочей жидкости не обеспечивает глушение скважины, добавляют утяжелители: мел, бентонит и др.

Гидропескоструйный перфоратор спускают в скважину на насосно-компрессорных трубах. Перед проведением перфорации скважины с поверхности в НКТ бросают шар, который перекрывает сквозное отверстие перфоратора. После этого с помощью насосных агрегатов через НКТ в скважину закачивают жидкость с песком.

При гидропескоструйной перфорации применяется то же оборудование, как и при гидроразрыве пласта. Устье скважины оборудуется стандартной арматурой типа 1АУ-700, рассчитанной на рабочее давление 70,0 МПа. Для прокачки песчано-жидкостной смеси используются насосные агрегаты, смонтированные на платформе тяжелых грузовых автомобилей

2АН-500 или 4АН-700, развивающие максимальные давления соответственно 50 и 70 МПа. При меньших давлениях используют цементируемые агрегаты, предназначенные для цементируемых работ при бурении. Число агрегатов (n) определяется как частное от деления общей необходимой гидравлической мощности на гидравлическую мощность одного агрегата, причем для запаса берется еще один насосный агрегат.

Временный технологический регламент на производство работ перфоратором НКТ ПНКТ-5.

Назначение и краткое описание конструкции

Перфоратор для насосно-компрессорных труб предназначен для перфорирования НКТ диаметром 60, 73 и 89 мм в скважинах.

Перфоратор НКТ ПНКТ-5 – гидравлический двухступенчатый трансформатор, срабатывающий от гидростатического столба жидкости в скважине и избыточного на устье скважины необходимого для среза шпильки и срабатывания перфоратора. Принципиальная схема перфоратора представлена на рисунке 1.

Перфоратор состоит из следующих узлов: муфты 1; втулки 2; шпильки; поршней 4, 7, 9; гильз 5, 13; корпусов 6, 8; пробойника 10; дросселя 12; пробок 14, 15; планки 11 (двух типоразмеров).

В корпусе 8 расположены цилиндры с поршнями 9 и пробойником 10, цилиндры соединены между собой и жидкостной камерой каналами, а через дроссель 12 - с воздушной камерой в гильзе 13. Воздушные камеры заполнены воздухом при атмосферном давлении, а жидкостные - маслом. Съёмная планка 11 крепится к поршням 9. Планка толщиной 13 мм устанавливается при перфорации насосно-компрессорных труб диаметром 73 мм, а 26 мм-89.

Перфоратор работает следующим образом В муфту 1 и хвостовик поршня 4 вставляется срезная шпилька 3, фиксируемая от выпадения втулкой 2. Диаметр шпильки рассчитан на срез от нагрузки, действующей на поршень 4.

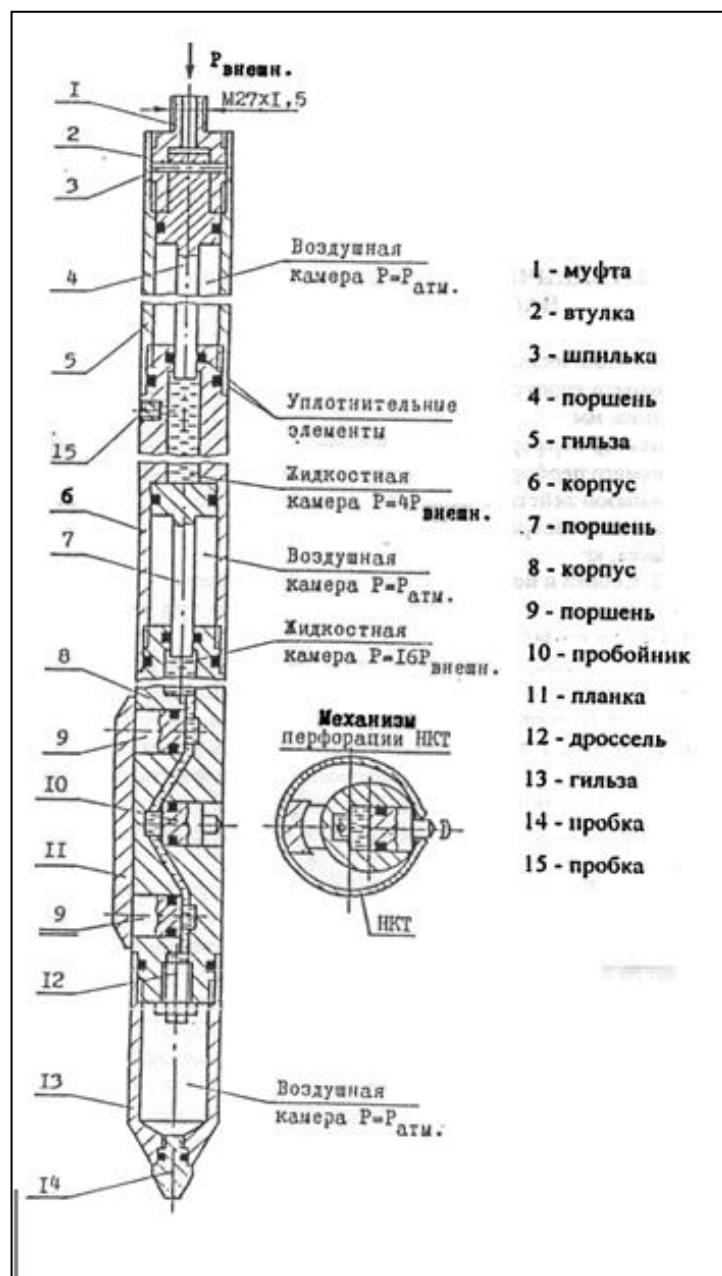


Рисунок 9 – Принципиальная схема для НКТ

Перфоратор опускается в колонну насосно-компрессорных труб. При достижении перфоратором заданной глубины под действием давления шпилька 3 срезается, поршень 4 перемещается вниз и штоком вытесняет масло в жидкостной камере среднего давления.

Вытесняемое масло давит на поршень 7 и перемещает его вниз. Своим штоком поршень 7 вытесняет масло в жидкостной камере высокого давления.

Ввиду того, что площадь поршня 4 в четыре раза больше площади сечения штока, давление масла в жидкостной камере среднего давления будет в четыре раза выше давления столба жидкости, действующего снаружи на

поршень 4. Площадь сечения поршня 7 также в четыре раза больше площади сечения штока. Следовательно, давление масла в жидкостной камере высокого давления будет в 16 раз превышать давление, действующее на поршень 4. Масло из жидкостной камеры высокого давления по каналам поступает в цилиндры корпуса 8 и выталкивает поршни 9 и пробойник 10. Поршни 9 торцами упираются в стенку НКТ, прижимают перфоратор пробойником 10 к стенке и происходит прокол отверстия диаметром 8-10 мм.

При этом происходит утечка масла из корпуса 8 через дроссельное устройство 12 в воздушную камеру. В результате этого перетока давление масла в цилиндрах корпуса 8 после остановки пробойника 10 падает и становится меньше гидростатического давления в НКТ. Под его действием поршни 9 и пробойник 10 возвращаются в исходное положение. С этой целью ПНКТ необходимо выдержать в исходном положении 2-3 минуты, а затем производить его подъем.

Подбор скважин для перфорации НКТ и выбор места перфорации

Для перфорации НКТ подбираются следующие скважины со следующими параметрами:- отсутствие циркуляции.- наличие проходного отверстия в НКТ диаметром не менее 44 мм до глубины перфорации.

Определение места перфорации НКТ

С учетом подготовки в ЦПП штанг стандартными длинами подвесок (800, 1100, 1200 и 1400 м) и с учетом возможности наличия в НКТ дополнительного подземного оборудования (ППУС) принимается основная глубина перфорации 1100 м.

Глубина перфорации уточняется с учетом меры НКТ с последнего ремонта из условия не попадания места перфорации в область муфтового соединения НКТ.

При необходимости глубина перфорации может отклоняться от основной. При этом учитывается недопустимость срабатывания перфоратора в процессе спуска, так как при этом возможен слом пробойника.

При расчете избыточного давления диаметр срезной шпильки

принимается исходя из условия создания избыточного давления на устье для срезки шпильки не более 50 и не менее 20 атм.

В плане работ на проведение ремонта указывается глубина перфорации, давление срезки шпильки, избыточное давление на устье, необходимое для срезки шпильки, а также максимальное давление, допустимое для НКТ с учетом наработки НКТ, количества произведенных СПО, обводненности добываемой продукции и пр.

Сборка и подготовка перфоратора НКТ ПНКТ-5 в условиях ПРЦЭО

Хранение, зарядка и ревизия перфоратора производится на участках ПРЦЭО по месторождениям. Ревизия перфоратора в условиях ПРЦЭО производится согласно "инструкции по эксплуатации перфоратора для насосно-компрессорных труб (ПНКТ-5)".

При ревизии перфоратора производится визуальный осмотр всех резиновых и фторопластовых уплотнительных элементов.

Резиновые уплотнительные элементы ставятся со стороны высокого давления, за ним фторопластовое – канавкой к резиновому кольцу.

Фторопластовые кольца перед установкой разрезаются по радиусу под углом 30-45° к плоскости кольца.

Работы по зарядке перфоратора должны производиться в помещении, оборудованном стоярными тисами, при температуре воздуха не менее 15 градусов.

По окончании ревизии производится заполнение раздела 1.1 паспорта перфоратора НКТ (приложение 2).

Зарядка перфоратора маслом, установка срезной шпильки и (при необходимости) съемной планки производится после получения заявки на завоз перфоратора от ЦПКРС.

После зарядки перфоратора маслом производится заполнение раздела 1 паспорта перфоратора/

Заряженный перфоратор хранится в вертикальном положении, с опорой на хвостовик.

В случае неиспользования перфоратора в течении 2-х суток требуется перезарядка перфоратора маслом, в противном случае повышается вероятность отказа перфоратора.

Движение перфоратора

Перфораторы находятся на подотчете мастера ПРЦЭО.

Мастер ПРЦЭО ведет журнал учета ремонта и движения перфораторов.

Выдача перфораторов производится мастером ПРЦЭО согласно заявке ЦПКРС, переданной до 9-00 текущих суток.

В заявке указывается типоразмер НКТ, предназначенных для перфорации, давление срезки шпильки.

Транспортировка перфораторов НКТ по бригадам ЦПКРС осуществляется автотранспортом БПО НГДУ "Комсомольскнефть".

При выдаче перфоратора в бригаду заполняется пункт 2 эксплуатационного паспорта.

Транспортировка перфоратора производится надежно закрепленным в горизонтальном положении с целью предохранения от механических повреждений.

При приеме перфоратора мастер (старший оператор, бурильщик) бригады ЦПКРС сверяет номер перфоратора, указанный в паспорте, с нанесенным на корпусе (при отсутствии паспорта или несовпадении номеров перфоратор к работе не принимается). Расписывается в пункте 2 эксплуатационного паспорта, при наличии замечаний указывает их.

В случаях, когда бригада после отработки перфоратором оставляет его в скважине (перфоратор был сброшен, циркуляция не восстановлена, скважина оставлена под КРС) эксплуатационный паспорт мастер ЦПКРС сдает вместе с актом сдачи в ЦДНГ.

Технолог ЦДНГ выдает эксплуатационный паспорт мастеру бригады, которая будет производить подъем перфоратора.

После подъема перфоратора мастер ЦПКРС заполняет пункт 4 эксплуатационного паспорта, обеспечивает очистку наружной поверхности

от остатков нефтепродуктов, дает заявку в ПРЦЭО на вывоз перфоратора.

При передаче перфоратора представителю ПРЦЭО мастер (старший оператор, бурильщик) бригады ЦПКРС заполняет пункт 5 эксплуатационного паспорта.

Представитель ПРЦЭО при приеме перфоратора сверяет номер перфоратора указанный в паспорте с нанесенным на корпусе.

При несовпадении номеров или отсутствия в бригаде паспорта составляется двусторонний акт в двух экземплярах, один экземпляр остается в бригаде ЦПКРС, второй передается представителю ПРЦЭО.

Скважина принимается из ремонта технологом ЦДНГ только после сдачи в ЦДНГ справки о возврате перфоратора в ПРЦЭО, подписанной мастером или ведущим инженером ПРЦЭО

Перфораторы, после отработки которыми не произошло перфорирующее колонны НКТ вывозятся на комиссию.

На паспорте перфоратора, вывозимого на комиссию, проводится диагональная линия из нижнего левого угла в правый верхний. Над линией наносится надпись "На комиссию".

При поступлении комиссионного перфоратора мастер ПРЦЭО сообщает об этом в ОТКРС.

ОТКРС производит оповещение заинтересованных сторон о времени и месте проведения комиссионного разбора перфоратора.

В состав комиссии по разбору перфоратора входят представители ОТКРС, ПРЦЭО, ЦПКРС.

Технология применения перфоратора

Перфорирующее отверстий в НКТ можно осуществить по следующим схемам:

Перфоратор опускается в скважины на штангах и после проведения перфорации поднимается на поверхность.

Сравить избыточное давление в НКТ и затрубном пространстве до атмосферного.

Смонтировать подъемный агрегат и рабочую площадку согласно норм ОТ и ТБ, У и ТУ.

Установить превентор ППР согласно инструкции. Опрессовать превентор на давление не более допустимого на эксплуатационную колонну, но не менее 50 атм.

Произвести спуск перфоратора на штангах на глубину согласно плана работ. Произвести герметизацию устья превентором.

Создать на устье избыточное давление согласно план-заказа.

Стравить избыточное давление в НКТ до атмосферного. Выдержать в течение 3-х минут.

Проверить наличие циркуляции. При наличии циркуляции поднять из скважины перфоратор и продолжать работы согласно плана работ.

При отсутствии циркуляции повторно создать избыточное давление на 30 атм превышающее давление, указанное в плане работ.

Стравить избыточное давление в НКТ до атмосферного. Выдержать в течении 3-х минут.

Проверить наличие циркуляции. При наличии циркуляции продолжить работы согласно плана работ.

При отсутствии циркуляции поднять перфоратор из скважины, произвести заключительные работы, дать заявку на вывоз перфоратора на комиссионный разбор.

Спуск перфоратора методом свободного сброса в НКТ
Смонтировать подъемный агрегат и рабочую площадку согласно норм ОТ и ТБ, У и ТУ. Стравить избыточное давление в НКТ до атмосферного.

Демонтировать заглушку на буфере скважины, установить исследовательский патрубок с БРС, открыть центральную задвижку.

Произвести сброс перфоратора в НКТ.

После ожидания в течение 5-ти минут создать на устье избыточное давление согласно план-заказа.

Стравить избыточное давление в НКТ до атмосферного. Выдержать

в течение 3-х минут.

Проверить наличие циркуляции. При наличии циркуляции дальнейшие действия согласно плана работ.

При отсутствии циркуляции повторно создать избыточное давление, на 30 атм превышающее давление, указанное в плане работ.

Стравить избыточное давление в НКТ до атмосферного. Выдержать в течении 3-х минут.

Проверить наличие циркуляции. При наличии циркуляции дальнейшие действия согласно плана работ.

При отсутствии циркуляции создать в НКТ давление срезки шпильки, но не более давления, максимально допустимого для НКТ по план-заказу (возможно перфоратор не дошел до предполагаемого места перфорации).

Стравить избыточное давление в НКТ до атмосферного. Выдержать в течении 3-х минут. Проверить наличие циркуляции. При наличии циркуляции дальнейшие действия согласно плана работ. При отсутствии циркуляции дальнейшие действия согласовываются с технологом ЦДНГ.

При работе в зимних условиях перед спуском перфоратора в скважину необходимо избегать его переохлаждения до минусовых температур (выдержать в отапливаемом помещении перед спуском в течение 1 часа). При низких температурах происходит повышение вязкости рабочей жидкости (масла) и, как следствие, увеличивается время выдержки перфоратора в скважине для возврата поршней 9 и пробойника 10 после перфорации.

2.2 Конструкция и материалы сопел

Струйная насадка для гидропескоструйного перфоратора для вскрытия нефтяных и газовых скважин, содержащая корпус и проточный коноидальный щелевой канал переменного сечения, отличающаяся с тем, что

канал выполнен винтовым с углом поворота его продольной оси в интервале $20-60^\circ$ с уменьшением площади сечения выходного щелевого отверстия по сравнению с входным в 1,5-3 раза.

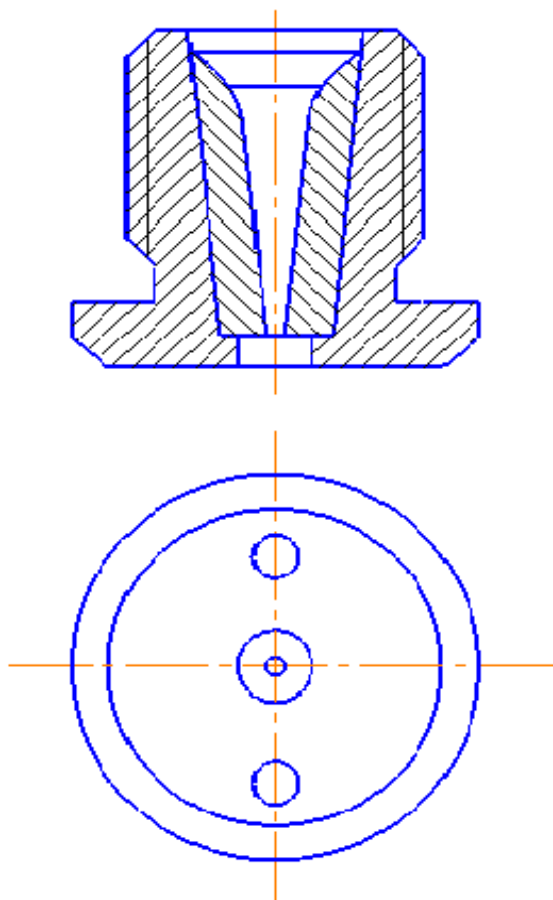


Рисунок 10 – Струйная насадка

Наиболее близким к предлагаемому по технической сущности является насадка гидropескоструйного перфоратора для вскрытия нефтяных и газовых скважин, содержащая корпус и проточный коноидальный канал переменного сечения, выполненный щелевидным с отношением ширины щели к ее длине от $1/3$ до $1/5$, причем с уменьшением площади сечения выходного отверстия по отношению к входному. Однако и эта насадка не позволяет значительно увеличить эффективность вскрытия продуктивных пластов.

Задачей настоящего изобретения является достижение увеличения площади фильтрации за счет разрушения зоны проникновения фильтрата и кольтматации в продуктивных пластах.

Поставленная задача решается тем, что предлагаемая конструкция насадки гидropескоструйного перфоратора содержит корпус, в котором проточный коноидальный щелевидный канал выполнен винтовым с углом поворота его продольной оси в интервале от 20 до 60 градусов, причем отношение площадей выходного и входного отверстий оптимально в диапазоне 1:1,5-1:3.

Только данная совокупность отличительных признаков: переменное сечение канала, выполнение его винтовым для обеспечения заданного угла вращения абразивного потока в интервале 20-60 градусов и уменьшение площади сечения щелевидного канала на выходе по отношению к входному в оптимальном диапазоне 1,5-3 обеспечивает достижение поставленной задачи, а именно: снизить до минимума гидравлическое сопротивление, соответственно увеличивая энергию и проникающую способность струи при разрушении горной породы. Изменение вектора потока под заявляемым углом в насадке изменяет и интенсифицирует гидродинамику разрушения и вымывая горной породы благодаря исключению встречного наложения атакующего и отработанного потоков. Достигается многократное увеличение поверхности фильтрации.

Изобретение поясняется чертежами, где на рис 10 показано продольное Насадка перфоратора состоит из корпуса 1, в котором выполнены каналы 2 с коноидальной частью на входе, переходом на винтообразный с завершением щелевидным сечением.

Насадка перфоратора работает следующим образом. Абразивный поток поступает через коноидальный вход канала в его винтовую часть, где происходит изменение вектора потока под углом 20-60 градусов, что интенсифицирует гидродинамику разрушения и вымывая горных пород. Вращение абразивного потока позволяет исключить встречное наложение атакующего и отработанного потоков абразива. В то же время достигается увеличение проникающей способности струи за счет лучшего сохранения кинетической энергии и осевой скорости благодаря выполнению проточного

канала щелевидным переменного сечения с заданным уменьшением от входа потока к его выходу.

Использование предлагаемых струйных насадок в гидropескоструйных перфораторах при всех равных условиях с другими позволяет более совершенно вскрывать пласты, способствуя хорошему притоку нефти, газа и конденсата.

2.3 Состав жидкости для гидropескоструйной перфорации

При гидropескоструйной перфорации разрушение преграды происходит в результате абразивного и гидромониторного эффектов высокоскоростных песчано-жидкостных струй, вылетающих из насадок пескоструйного перфоратора, прикрепленного к нижнему концу НКТ. Песчано-жидкостная смесь закачивается в НКТ насосными агрегатами высокого давления.

При ГПП создание отверстий в колонне, цементном камне и канала в породе достигается за счет большой скорости песчано-жидкостной струи - несколько сотен метров в секунду. Перепад давления составляет 15 - 30 МПа. В породе вымывается каверна грушеобразной формы, обращенной узким конусом к перфорационному отверстию в колонне. Размеры каверны зависят от прочности горных пород, продолжительности воздействия и мощности песчано-жидкостной струи. При стендовых испытаниях были получены каналы до 0,5 м

При ГПП применяется то же оборудование, как и при ГРП. Устье скважины оборудуется стандартной арматурой типа 1АУ-700, рассчитанной на рабочее давление 70,0 МПа. Для прокачки песчано-жидкостной смеси используются насосные агрегаты, смонтированные на платформе тяжелых грузовых автомобилей 2АН-500 или 4АН-700, развивающие максимальные давления соответственно 50 и 70 МПа. При меньших давлениях используют

цементировочные агрегаты. Число агрегатов n определяется как частное от деления общей необходимой гидравлической мощности на гидравлическую мощность одного агрегата, причем для запаса берется еще один насосный агрегат,

После спуска перфоратора в скважину и обвязки наземного оборудования система должна быть опрессована давлением, превышающим рабочее в 1,5 раза. Перед опрессовкой в НКТ сбрасывается верхний шар большого диаметра (50 мм), который садится на седло. После опрессовки системы закачкой жидкости в затрубное пространство (прямая промывка) шар выносится на устье и извлекается. Затем в НКТ сбрасывается шар малого диаметра, который садится в седло, отсекая хвостовик от полости перфоратора и НКТ. Перфоратор готов к работе.

Подготовленная жидкостно-песчаная смесь закачивается в НКТ и, выходя из насадок, производит перфорацию. Обычная концентрация песка в жидкости составляет 80-100 кг/м³.

Основными требованиями к рабочей жидкости являются:

- определенная плотность (чтобы в процессе ГПП не возникало фонтанных проявлений);
- определенная вязкость (чтобы в процессе закачки не было оседания песка в любом элементе системы);
- определенная фильтруемость (чтобы в образующихся кавернах не было сильного ее поглощения горной породой);
- доступность в необходимых количествах и ее приемлемая стоимость.

Обычно для ГПП используют воду или нефть, 5%-ный раствор ингибированной соляной кислоты и другие жидкости, применяемые в процессе нефтедобычи; при необходимости жидкость утяжеляется специальными добавками: бентонитовая глина, мел и т.п.

Объем рабочей жидкости зависит от схемы проведения процесса:

- закольцованная схема, при которой жидкостно-песчаная смесь используется многократно (при необходимости производят ее добавку в систему);
- с отделением песка и повторным использованием жидкости;
- со сбросом жидкости и песка (наземное оборудование непрерывно в процессе ГПП приготавливает жидкостно-песчаную смесь).

Закольцованная схема является предпочтительной, хотя в этом случае необходимо осуществлять тщательный и непрерывный контроль за качеством жидкостно-песчаной смеси. Выбор схемы проведения ГПП определяется экономическими показателями, например, себестоимостью процесса. В зависимости от реализуемой схемы процесса расход жидкости изменяется (при прочих равных условиях) от 10 до 100 м³, а расход песка от 1 до 10 т.

3 Разработка технологии изготовления и сборки

3.1 Разработка технологических процессов изготовления корпуса

3.1.1 Служебное назначение

Служебное назначение корпуса перфоратора, заключается в обеспечении точности положения рабочего 12 насадок..

В рассматриваемом узле, корпуса перфоратора является базовой деталью комплекта, в который входят резьбовые крепежные элементы . Эта сборочная единица присоединяется к электродвигателю.

Базирование корпус перфоратора осуществляется по резьбовой резьбе.. Данный комплект баз является основными конструкторскими базами, так как определяют положение корпуса перфоратора в узле.

Базирование втулок в корпусе по метрической резьбе цилиндрическому отверстию корпуса, которые образуют комплект вспомогательных конструкторских баз.

Отверстие в корпусе диаметров 8 определяет положение шара

3.1.2 Анализ технологичности

Технологичность материала

В качестве материала для изготовления корпуса перфоратора используется коррозионно-стойкая нержавеющей сталь 10X18H9ТЛ ТУ 108.17 – 1039 – 79, применение которой обосновано условиями эксплуатации и свойствами перекачиваемой жидкости. Сталь 10X18H9ТЛ обладает достаточной твердостью для обеспечения заданных требований к точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей, при этом обладает хорошими литейными свойствами.

Недостатком данного материала является: высокая стоимость сталей этого класса, а так же достаточно большая линейная усадка.

Технологичность конструктивных форм детали

Конструкция корпуса перфоратора обеспечивает наличие комплекта надежных, технологических баз.

Форма и расположение обрабатываемых поверхностей позволяет применять высокопроизводительные методы обработки – точение, фрезерование и растачивание на проход. Так же обеспечивается свободный подвод, отвод режущего инструмента и контроль мерительным инструментом обрабатываемых поверхностей.

Все резьбовые отверстия имеют со стороны входа резьбового инструмента фаску, облегчающую центрирование метчика и придающую началу витка резьбы прочность. Размеры резьбы позволяют использовать стандартный резьбонарезной инструмент и как следствие, стандартные крепежные детали.

Недостатком является наличие глухих резьбовых отверстий, наличие которых обусловлено условиями эксплуатации узла.

Система простановки размеров

В соответствии с принципом единства и постоянства баз, конструкторская база используется в качестве основной технологической базы, а так же в качестве измерительной базы.

В процессе изготовления, контроль размеров обрабатываемых поверхностей, возможно, производить необходимым мерительным инструментом.

На чертеже размеры проставлены с учетом удобства их контроля исключающем необходимость в их пересчете.

Оптимальность требований к точности и качеству поверхности.

Параметры точности и качества поверхностей заданы в соответствии с требованиями предъявляемым к этим поверхностям для выполнения деталью

используемый в качестве опорной конструкторской базы при установке корпуса на опорный кронштейн, выполнять при изготовлении отливки, с учетом только припуска на механическую обработку уступа в размер $\varnothing 5$ мм. В базовом варианте этот уступ изготавливался полностью в результате механической обработки. В результате этого изменения, уменьшается масса отливки, упрощается подвод и отвод инструмента, снижается объем механической обработки и соответственно, время на обработку.

3.1.3 Методы и схемы контроля

Проведем анализ методов и схем контроля, требуемых параметров точности, обрабатываемых поверхностей корпуса насоса.

1. Контроль точности расстояния $140h12(-0,4)$ и $224h14(-1,15)$ между торцовыми поверхностями, а так же других линейных размеров, в силу широкого поля допуска, проводится штангенциркулем.

2. Контроль точности диаметральных размеров отверстий корпуса : $\varnothing 45H8(+0,072)$, $\varnothing 15H9(+0,062)$ и $\varnothing 12H11(+0,19)$ для серийного производства, экономически целесообразно производить, предельными калибрами пробками гладкими нерегулируемыми по ГОСТ 24851-81 и ГОСТ 2015-84.

3. Контроль точности диаметрального размера отверстия корпуса $\varnothing 150H8(+0,072)$ для серийного производства, экономически целесообразно производить, специально изготовленным калибром пробкой гладкой.

Контроль перпендикулярности оси отверстия $\varnothing 45H8(+0,072)$ относительно торца с допуском $0,05/100$ мм/мм, выполняется с помощью индикатора часового типа по ГОСТ 577-68 с ценой деления $0,01$ мм и диапазоном измерений $0 - 5$ мм, установленного на оправке, которая вставляется в отверстие.

Контроль параллельности торцовых поверхностей с допуском $0,05/100$ мм/мм, выполняется с помощью индикатора часового типа по ГОСТ 577-68 с

ценой деления 0,01мм и диапазоном измерений 0 – 5 мм, установленного на штативе, который устанавливается на контрольной плите (рис. 12).

Контроль параллельности торцовых поверхностей с допуском 0,05/100 мм/мм, выполняется с помощью индикатора часового типа по ГОСТ 577-68 с ценой деления 0,01мм и диапазоном измерений 0 – 5 мм, установленного на штативе, который устанавливается на контрольной плите .

Проектируемая последовательность изготовления корпуса

Проектируемый вариант изготовления корпуса , разрабатывается для изготовления данной детали на многофункциональном токарном сверлильно – фрезерно – расточном станке мод. 800VHT с АСИ и с ЧПУ, в условиях серийного производства.

Последовательность изготовления корпуса, в проектируемом варианте, представлена в графической части:

На первой операции механической обработки, заготовка устанавливается в приспособление, в качестве которого используется универсальный трех-кулачковый патрон, со специально спроектированными кулачками и призмой, позволяющими решить две основные задачи:

- установить связи, определяющие расстояния и повороты поверхностей, получающиеся в результате обработки, относительно необрабатываемых поверхностей;
- распределить фактически имеющиеся припуски на механическую обработку, между обрабатываемыми поверхностями.

Базирование заготовки осуществляется по сферической наружной поверхности корпуса перфоратора , что позволит однозначно определить положение плоскости проходящей через ось являющейся плоскостью симметрии базирующих торцовых поверхностей. Технологические переходы, станок и операционный эскиз, применяемые на первой операции, представлены в таблице 1

Таблица 1 – Операция «005 Токарная сверлильно-фрезерно-расточная»

Номер и наименование перехода (операции)	Оборудование	Операционный эскиз
<p>005 Токарная сверлильно-фрезерно-расточная</p> <p>1) Подрезать торец</p> <p>Точить поверхность $\varnothing 150$ в размер 215 мм</p> <p>Точить конус выдерживая $\varnothing 14$ в размер 40 мм</p>	Многофункциональный токарно-фрезерный многоцелевой станок	
<p>2) Подрезать торец в размер 300мм</p> <p>Точить $\varnothing 110$ в размер 80мм; фаску 2×45; фаску 10×45</p>		
<p>3) Сверлить отверстие $\varnothing 30$</p> <p>Расточить отверстие $\varnothing 45$; 300мм; $\varnothing 120$</p>		
<p>4) Подрезать отверстие с подрезкой торца под резьбу 3-76</p> <p>Нарезка резьбы 3-76 в размер 80мм</p>		

Окончание таблицы 1

Номер и наименование перехода (операции)	Оборудование	Операционный эскиз
5) Сверлить 12 отверстий $\varnothing 10$ Зенковать 12 отверстий $\varnothing 14$ под резьбу Зенковать 12 отверстий $\varnothing 24$ Фрезеровать 12 отверстий под резьбу M16 15 мм		

3.1.4 Определение припусков и межпереходных размеров

Выполним расчёт припусков, расчётно-аналитическим методом, для двух поверхностей: отверстие под всасывающий патрубок $\varnothing 150$ Н8 (+0,072) мм и поверхность торца служащего установочной базой для всасывающего патрубка. На остальные обрабатываемые поверхности назначим припуски и допуски по ГОСТ 26645-85

Заготовка представляет собой отливку из коррозионно-стойкой нержавеющей стали 10X18Н9ТЛ ТУ 108.17 – 1039 – 79, массой 37 кг, полученной литьем в песчано-глинистые формы, точность которой составляет 10 – 6 – 14 — 10 См 1,6 ГОСТ 26645-85:

- класс размерной точности отливки - 10;
- степень коробления элементов отливки - 6;
- степень точности поверхностей отливки - 14;
- класс точности массы - 10;
- Смещение по плоскости разъема полуформ – 1,6 мм;

- по степени точности - шероховатость поверхности $Ra = 40\text{мкм}$;
- Ряд припусков на обработку - 7.

Базирование заготовки осуществляется по сферической наружной поверхности корпуса насоса в специально спроектированных кулачках и наружной цилиндрической поверхности патрубка, что позволит однозначно определить положение плоскости проходящей через ось отверстия патрубка и являющейся плоскостью симметрии базирующих торцовых поверхностей. Схема установки корпуса насоса, приведена на рисунке 13.

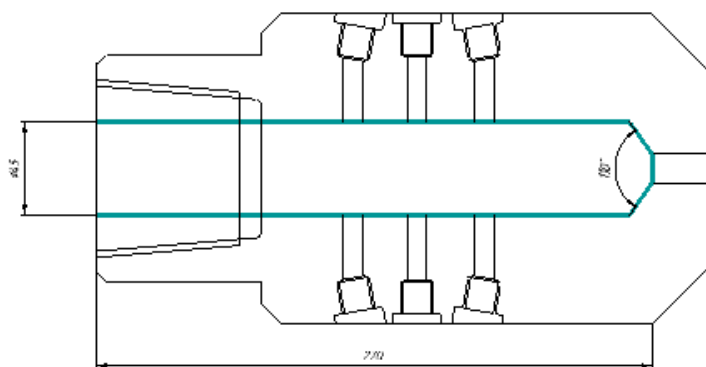


Рисунок 13 – Схема базирования заготовки при сверлении отверстия $\varnothing 45 \text{ Н}8^{(+0,072)}$ мм.

На основании 10-го класса размерной точности отливки по табл. 14 [46, с.230] на номинальные размеры определим допуски на размеры отливки:

- на расстояние 70 мм, принимаем на один класс точнее, так как получен одной полуформой, $T_3 = 2,2 \text{ мм}$; [27]
- на размер отверстия $\varnothing 45 \text{ мм}$, $T_3 = 3,6 \text{ мм}$

Допуск неровностей поверхностей отливки, для 14-й степени точности поверхности отливки [46, с.239], составляет 1,0 мм.

На основании полученных допусков на размеры, на форму и расположение поверхностей, находим общие допуски на элементы отливки [46, с.232-239]. Так как допуск неровности поверхности не превышает допуска размерной точности, то его не учитываем, следовательно:

- для допуска размера 70мм, от поверхности до базы 2,2 мм, и допуска формы и расположения 0,40 мм, общий допуск элемента отливки $T_{\text{заг}} = 2,4$ мм.

- для размера отверстия $\varnothing 200$ мм, у которого ось является базой, допуск от поверхности до базы 1,8 мм, и допуска формы и расположения 0,64 мм, общий допуск элемента отливки $T_{\text{заг}} = 2,2$ мм.

Расчет припусков и межпереходных размеров на фрезерование торцевой поверхности, корпуса перфоратора

В результате обработки необходимо выдержать расстояние $70 \pm 0,23$ мм от базовой поверхности, в качестве которой принята плоскость симметрии торцовых поверхностей, и обеспечить шероховатость поверхности по $Ra = 3,2$ мкм.

Требуемая точность размера детали $T_d = 0,46$ мм и шероховатость поверхности обеспечивается чистовым фрезерованием торцевой фрезой $T_d = T_2$

Чистовой обработке предшествует черновое фрезерование по IT14, которое позволит обеспечить точность размера $T_1 = 0,74$ мм, в пределах $\pm 0,37$ мм. Определим требуемое уточнение ε_{T_0} :

$$\varepsilon_{T_0} = T_{\text{заг}} / T_d = 2,4 / 0,46 = 5,22 \quad (3.1)$$

где T_3 – допуск на размер заготовки; T_d – допуск на размер детали.

Уточнение при чистовом растачивании: $\varepsilon_2 = T_1 / T_2 = 0,74 / 0,46 = 1,61$

Уточнение при черновом растачивании: $\varepsilon_1 = T_{\text{заг}} / T_2 = 2,4 / 0,74 = 3,24$

Общее уточнение, полученное в результате выполнения выбранных переходов:

$$\varepsilon_0 = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 = 1,61 \cdot 3,24 = 5,22 \geq \varepsilon_{T_0}$$

что гарантирует достижение требуемой точности детали.

Таким образом технологический маршрут обработки состоит:

- Черновое растачивание ($Rz = 80$ мкм, 14 квалитет);

- Чистовое растачивание ($Ra = 5,0$ мкм, 13 квалитет).

Минимальный припуск при последовательной обработке противоположащих поверхностей (односторонний припуск), определяется по формуле [46, с.332]:

$$z_{i \min} = (Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i \quad (3.2)$$

где Rz_{i-1} – высота неровности профиля на предшествующем переходе, мкм;
 h_{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе, мкм; $\Delta_{\Sigma i-1}$ – суммарные отклонения расположения и формы поверхности, мкм; ε_i – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

Погрешность расположения и формы поверхности были определены из таблицы 15 [46, с.232]: $\Delta_{\Sigma \text{заг}} = 0,4$ мм

Погрешность установки заготовки в трехкулачковый самоцентрирующий патрон принимаем по таблице 13 [46, с.50]: смещение радиальное $\Delta_p = 500$ мкм; осевое $\Delta_o = 150$ мкм. Тогда погрешность установки при черновом фрезеровании: [24]

$$\varepsilon_{y1} = (\Delta_p^2 + \Delta_o^2)^{0,5} = (500^2 + 150^2)^{0,5} = 522 \text{ мкм}$$

Тогда минимальный припуск под черновое растачивание:

$$z_{1 \min} = 300 + 400 + 522 = 1222 \text{ мкм}$$

После первого технологического перехода чернового растачивание [46, с.332, таб.10]: назначаем – $Rz = 80$ мкм; $h = 80$ мкм.

Остаточное пространственное отклонение: $\Delta_{\text{ост}} = k_y \cdot \Delta_{\text{заг}}$

где k_y – коэффициент уточнения формы [23 с.18, таб. 2.13].

После чернового растачивание: $\Delta_{\Sigma 1} = 0,06 \cdot 400 = 24$ мкм.

Погрешность установки при чистовом растачивание $\varepsilon_{yi-1} = 0$, так как чистовое и черновое растачивание проводится с одной установки без перезакрепления заготовки.

Определим минимальный припуск под чистовое растачивание:

$$z_{2 \min} = 160 + 24 + 0 = 184 \text{ мкм}$$

Графу «Расчётный размер» таблицы 2 заполняем, начиная с конечного минимального размера по чертежу, последовательным прибавлением расчётного минимального припуска, каждого технологического перехода:

- $A_{p2} = A_{\min 2} + z_{2 \min} = 69,77 + 0,184 = 69,954 \text{ мм};$
- $A_{p1} = A_{\min 1} + z_{1 \min} = 69,954 + 1,222 = 71,176 \text{ мм}.$

Значение допусков каждого технологического перехода принимаем по таблице [46, с.341, таб.32], в соответствии с качеством, используемого метода обработки.

Наименьший предельный размер определяем округлением расчётных размеров в сторону увеличения их значений. Округление производим до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер.

Наибольшие предельные размеры определяем прибавлением допусков к наименьшим предельным размерам:

$$A_{\max 2} = A_{\min 2} + T_2 = 69,77 + 0,46 = 70,23 \text{ мм};$$

$$A_{\max 1} = A_{\min 1} + T_1 = 69,96 + 0,74 = 70,70 \text{ мм};$$

$$A_{\max \text{ заг}} = A_{\min \text{ заг}} + T_{\text{заг}} = 71,2 + 2,4 = 73,6 \text{ мм};$$

Минимальные значения припусков равны разности наименьших предельных размеров, а максимальные значения, соответственно разности наибольших предельных размеров:

$$z_{\min 2}^{\text{и } \delta} = A_{\min 1} - A_{\min 2} = 69,96 - 69,77 = 0,19 \text{ мм};$$

$$z_{\min 1}^{\text{и } \delta} = A_{\min \text{ заг}} - A_{\min 1} = 71,2 - 69,96 = 1,24 \text{ мм};$$

$$z_{\max 2}^{\text{и } \delta} = A_{\max 1} - A_{\max 2} = 70,70 - 70,23 = 0,47 \text{ мм};$$

$$z_{\max 1}^{\text{и } \delta} = A_{\max \text{ заг}} - A_{\max 1} = 73,6 - 70,70 = 2,90 \text{ мм}.$$

Общие припуски $z_{0 \min}$ и $z_{0 \max}$ определяем, суммируя промежуточные припуски, и записываем их значения внизу соответствующих граф.

$$z_{0 \min} = 1240 + 190 = 1430 \text{ мкм}; \quad z_{0 \max} = 2900 + 470 = 3370 \text{ мкм}.$$

Общий номинальный припуск:

$$z_{0 \text{ ном}} = z_{0 \min} + H_{\text{заг}} - H_{\text{д}} = 1430 + 1200 - 230 = 2400 \text{ мкм} = 2,4 \text{ мм}.$$

Номинальный размер заготовки: $A_{\text{заг. ном}} = A_{\text{д. ном}} + z_{0 \text{ ном}} = 70 + 2,4 = 72,4 \text{ мм.}$

На основании данных расчётов построим схему расположения припусков и допусков на размер $70 \pm 0,23 \text{ мм}$ (рис. 14).

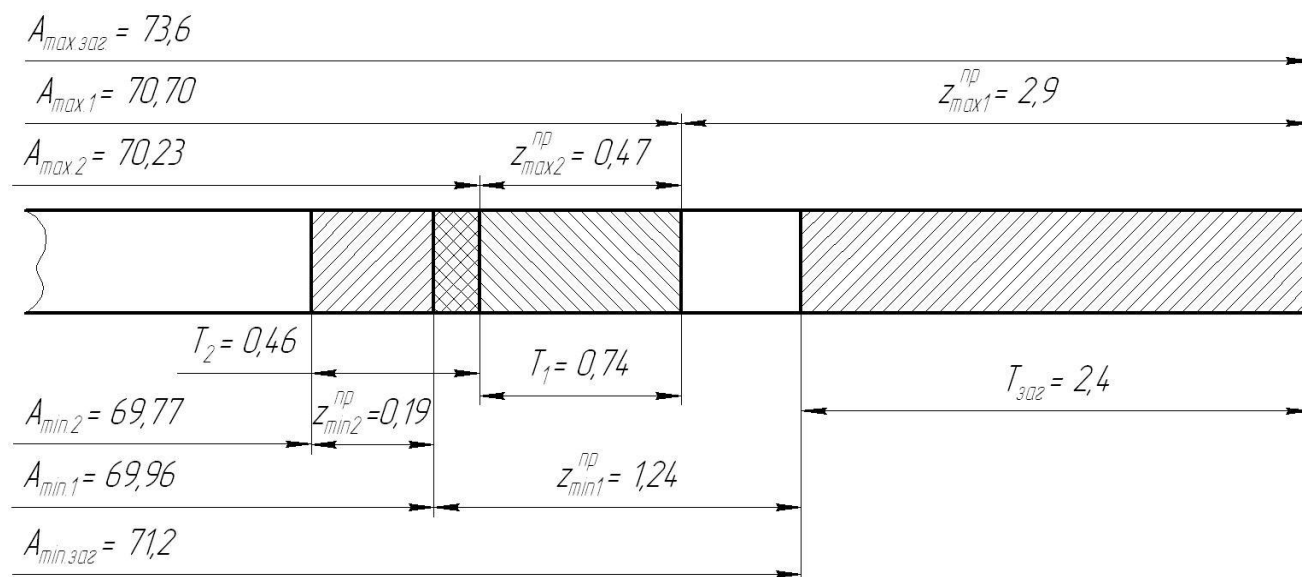


Рисунок 14 – Схема расположения припусков и допусков на обработку торцевой поверхности, на размер $70 \pm 0,23 \text{ мм}$, от установочной плоскости.

Расчет припусков и межпереходных размеров на расточку отверстия в корпусе насоса $\varnothing 45H8 (+0,072) \text{ мм}$

В результате обработки необходимо обеспечить точность размера отверстия $\varnothing 45(+0,072) \text{ мм}$ ($T_d = 0,072 \text{ мм}$) и обеспечить шероховатость поверхности по $Ra = 2,5 \text{ мкм}$.

По таблице 14 [46, с230], находим допуск на диаметр литого отверстия, для 10-го класса размерной точности, $T_{\text{заг}} = 3,6 \text{ мм}$ и назначаем предельные отклонения отверстия $\pm 1,8 \text{ мм}$.

Определим требуемое уточнение ε_{T_o} , которое необходимо обеспечить при растачивании литого отверстия:

$$\varepsilon_{T_o} = T_{\text{заг}} / T_d = 3,6 / 0,072 = 50$$

Требуемая точность размера детали $T_d = 0,072 \text{ мм}$ и шероховатость поверхности $Ra = 2,5 \text{ мкм}$, обеспечивается чистовым растачиванием с точностью $T_d = T_3$. Чистовой обработке предшествует получистовое

расточивание по IT10, которое позволит обеспечить точность размера $T_2 = 0,185$ мм. Уточнение при чистовом фрезеровании:

$$\varepsilon_3 = T_2 / T_d = 0,185 / 0,072 = 2,57$$

Получистовому растачиванию предшествует черновое по IT13, соответственно, точность размера $T_1 = 0,72$ мм. Уточнение при получистовом растачивании:

$$\varepsilon_2 = T_1 / T_2 = 0,72 / 0,185 = 3,9$$

Уточнение при черновом растачивании: $\varepsilon_1 = T_{\text{заг}} / T_1 = 3,6 / 0,72 = 5,0$

Общее уточнение, полученное в результате выполнения выбранных переходов:

$$\varepsilon_o = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 2,57 \cdot 3,9 \cdot 5,0 = 51,4 \geq \varepsilon_{To}$$

что гарантирует достижение требуемой точности детали.

Таким образом технологический маршрут обработки состоит [46, с.13-23]:

- Черновое растачивание ($Rz = 80$ мкм, 13 квалитет);
- Получистовое растачивание ($Rz = 25$ мкм, 10 квалитет);
- Чистовое растачивание ($Ra = 2,5$ мкм, 8 квалитет).

Расчёт припусков на обработку приведён в таблице № 16, с описанием технологического маршрута обработки отверстия и все значения припусков.

Минимальный припуск при обработке поверхностей вращения, определяется по формуле [46, с. 322]:

$$2z_{i\min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad (3.3)$$

Здесь Rz_{i-1} – высота неровности профиля на предшествующем переходе, мкм; h_{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе, мкм; $\Delta_{\Sigma i-1}$ – суммарные отклонения расположения и формы поверхности, мкм; ε_i – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

Для отливок из стали при машинной формовке по металлическим моделям и наибольшем размере до 500 мм [46, с.329, таб.6]: $Rz + h = 300$ мкм.

Погрешность расположения и формы поверхности определяем из таблицы 15 [46, с.232]: $\Delta_{p.f.o} = 0,64$ мм.

Погрешность расположения оси отверстия относительно технологических баз, принимаем смещение вызванное перекосом стержня $\Delta_{p.t.b} = 1,4$ мм.

Суммарная погрешность расположения и формы:

$$\Delta_{\Sigma \text{заг}} = (\Delta_{p.f.o}^2 + \Delta_{p.t.b}^2)^{0,5} = (0,64^2 + 1,4^2)^{0,5} = 1,54 \text{ мм.}$$

Погрешность установки отливки в трехкулачковый самоцентрирующий патрон принимаем по таблице 13 [46, с.50]: смещение радиальное $\Delta_p = 500$ мкм;

осевое $\Delta_o = 150$ мкм. Тогда погрешность установки при черновом растачивании:

$$\varepsilon_o = \sqrt{\Delta_p^2 + \Delta_o^2} = \sqrt{500^2 + 150^2} = 522 \text{ мкм}$$

Тогда минимальный припуск под черновое растачивание:

$$z_{1 \text{ min}} = 300 + 1540 + 522 = 2362 \text{ мкм}$$

После первого технологического перехода чернового растачивания [46, с.332, таб.10]: назначаем – $Rz = 80$ мкм; $h = 80$ мкм.

Остаточное пространственное отклонение после чернового растачивания, определим из выражения: $\Delta_1 = k_y \cdot \Delta_{\Sigma \text{заг}}$ где k_y – коэффициент уточнения формы [23, с.18, таб. 2.13].

Тогда после чернового растачивания: $\Delta_{\Sigma 1} = 0,06 \cdot 1540 = 92$ мкм.

Погрешность установки при получистовом растачивании $\varepsilon_{yi-1} = 0$, так как чистовое, получистовое и черновое растачивание проводится с одной установки без перезакрепления заготовки.

Определим минимальный припуск под получистовое растачивание:

$$z_{2 \min} = 160 + 92 + 0 = 252 \text{ мкм}$$

После второго технологического перехода получистового растачивания [46, с.332, таб.10]: назначаем – $Rz = 25 \text{ мкм}$; $h = 25 \text{ мкм}$.

Остаточное пространственное отклонение:

$$\Delta_{\Sigma 2} = k_y \cdot \Delta_{\Sigma \text{заг}} = 0,04 \cdot 1540 = 62 \text{ мкм.}$$

где k_y – коэффициент уточнения формы [23, с.18, таб. 2.13].

Погрешность установки при чистовом растачивании $\varepsilon_{yi-1} = 0$.

Определим минимальный припуск под чистовое растачивание:

$$z_{3 \min} = 50 + 62 + 0 = 112 \text{ мкм}$$

Графу «Расчётный размер» заполняем, начиная с конечного размера, последовательным вычитанием расчётного минимального припуска, каждого технологического перехода:

- для получистового растачивания: $d_{p2} = 200,072 - 0,112 = 199,96 \text{ мм}$;
- для чернового растачивания: $d_{p1} = 199,96 - 0,252 = 199,708 \text{ мм}$;
- для заготовки: $d_{p.\text{заг.}} = 199,708 - 2,362 = 197,346 \text{ мм}$;

Значение допусков принимаем по таблице [46, с.341, таб.32], в соответствии с качеством, используемого метода обработки. Наибольший предельный размер определяем округлением расчётных размеров в сторону уменьшения их значений. Округление производим до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер.

Наименьшие предельные размеры определяем вычитанием допусков от наибольших предельных размеров:

$$d_{\min 3} = d_{\max 3} - T_3 = 200,072 - 0,072 = 200 \text{ мм};$$

$$d_{\min 2} = d_{\max 2} - T_2 = 199,960 - 0,185 = 199,775 \text{ мм};$$

$$d_{\min 1} = d_{\max 1} - T_1 = 199,70 - 0,72 = 198,98 \text{ мм};$$

$$d_{\min \text{заг}} = d_{\max \text{заг}} - T_{\text{заг}} = 197,3 - 3,6 = 193,7 \text{ мм};$$

Минимальные значения припусков равны разности наибольших предельных размеров, а максимальные значения соответственно разности

наименьших предельных размеров выполняемого и предшествующего переходов:

$$2z_{\max 3}^{i\delta} = d_{\min 3} - d_{\min 2} = 200 - 199,775 = 0,225 \text{ мм} = 225 \text{ мкм};$$

$$2z_{\max 2}^{i\delta} = d_{\min 2} - d_{\min 1} = 199,775 - 198,98 = 0,795 \text{ мм} = 795 \text{ мкм};$$

$$2z_{\max 1}^{i\delta} = d_{\min 1} - d_{\min \text{ çãã}} = 198,98 - 193,7 = 5,28 \text{ мм} = 5280 \text{ мкм}.$$

$$2z_{\min 3}^{i\delta} = d_{\max 3} - d_{\max 2} = 200,072 - 199,96 = 0,112 \text{ мм} = 112 \text{ мкм};$$

$$2z_{\min 2}^{i\delta} = d_{\max 2} - d_{\max 1} = 199,96 - 199,70 = 0,26 \text{ мм} = 260 \text{ мкм};$$

$$2z_{\min 1}^{i\delta} = d_{\max 1} - d_{\max \text{ çãã.}} = 199,7 - 197,3 = 2,4 \text{ мм} = 2400 \text{ мкм}.$$

Общие припуски $z_{0 \min}$ и $z_{0 \max}$ определяем, суммируя промежуточные припуски, и записываем их значения внизу соответствующих граф.

$$2z_{0 \min} = 112 + 260 + 2400 = 2772 \text{ мкм};$$

$$2z_{0 \max} = 225 + 795 + 5280 = 6300 \text{ мкм}.$$

Общий номинальный припуск:

$$z_{0 \text{ ном}} = z_{0 \min} + B_{\text{заг}} - B_{\text{д}} = 2772 + 1800 - 72 = 4500 \text{ мкм} = 4,5 \text{ мм}.$$

Номинальный диаметр заготовки: $d_{\text{заг. ном}} = d_{\text{д. ном}} - z_{0 \text{ ном}} = 200 - 4,5 = 195,5 \text{ мм}.$

На основании данных расчётов построим схему графического расположения припусков и допусков на обработку отверстия $\varnothing 200\text{H}8(^{+0,072})$ в корпусе перфоратора (рисинок15).

Таблица 2– Структура и содержание операций

№	Структура и содержание операции	Технологическое оборудование
1	<p>Одноместная, одно-инструментная, последовательная:</p> <p>1. Черновое и чистовое фрезерование торцовой поверхности. 2. Черновое, получистовое и чистовое растачивание отверстия. 3. Точить фаску. 4. Черновое фрезерование 4-х бобышек. 5. Зацентровать и сверлить со снятием фаски два отверстия в противоположных бобышках. 6. Нарезать резьбу в 2-х отверстиях. 7. Однократное фрезерование фланца патрубка. 8. Фрезеровать ступень на фланце. 9. Зацентровать и сверлить 4-е отверстия во фланце. 10. Зацентровать и сверлить 4-е отверстия для нарезания резьбы. 11. Зенковать 4-е фаски в отверстиях под резьбу. 12. Нарезать крепежную резьбу в 4-х отверстиях.</p>	OKUMA MULTUS 200
2	<p>Одноместная, одно-инструментная, последовательная:</p> <p>1. Фрезеровать боковой прилив на патрубке. 2. Черновое фрезерование торца. 3. Черновое и чистовое фрезерование торцовой поверхности. 4. Черновое, получистовое и чистовое точение цилиндрической поверхности уступа. 5. Точить фаску. 6. Черновое и чистовое растачивание отверстия и точение торца. 7. Фрезеровать 4-е паза. 8. Зацентровать и сверлить одно отверстие в пазу. 9. Зенковать фаску. 10. Нарезать трубную резьбу. 11. Зацентровать и сверлить два отверстия. 12. Зенковать фаски в двух отверстиях. 13. Нарезать резьбу в двух отверстиях. 14. Зацентровать и сверлить 4-е отверстия для нарезания резьбы. 15. Зенковать фаски в 4-х отверстиях. 16. Нарезать крепежную резьбу в 4-х отверстиях. 17. Зацентровать и сверлить отверстие в патрубке. 18. Зенковать фаску в отверстии. 19. Нарезать трубную резьбу в отверстии.</p>	

Расчет режимов резания

Операция 005 «Токарная сверлильно-фрезерно-расточная», выполняется на многофункциональном станке мод. 800VHT, с поворотным шпинделем, с ЧПУ и с АСИ. Материал заготовки – коррозионно-стойкая нержавеющая сталь 10X18H9ТЛ ТУ 108.17 – 1039 – 79, твердость HB 160.

1. Черновое и чистовое точение торцовой поверхности

Размеры обрабатываемой поверхности: Ø 280 / Ø 200 мм

Определим элементы режимов резания:

Черновое точение осуществляем за один проход.

Чистовое точение так же за один проход.

Глубина резания: черновая обработка – $t = 1,9$ мм; чистовая – $t = 0,5$ мм

Инструмент выбираем исходя из ширины точение 40 мм. Типоразмер инструмента, марку ИРМ и геометрические параметры режущей части фрезы окончательно назначаем по таб. 104 [47, с.272], для черновой и чистовой обработки: резец с механическим креплением пятигранных твердосплавных пластин (по ГОСТ22087-76): $D = 63$ мм; число зубьев – $z = 5$: главный угол в плане – $\varphi = 67^\circ$; вспомогательный – $\varphi_1 = 5^\circ$. Материал пластин [42, с.265]: для черновой и чистовой обработки – ВК10-ОМ.

Подачу определим по формуле:

$$s_Z = s_{ZT} \cdot K_{SM} \cdot K_{Si} \cdot K_{SB} \cdot K_{S\varphi} \cdot K_{Sp} \cdot K_{Sc} \cdot K_{So} \quad (3.4)$$

Определяем составные элементы:

- для черновой обработки – $s_{Z1T} = 0,14$ мм/зуб, карта 57 [42, с.180];
- для чистовой обработки – $s_{Z2T} = 0,12$ мм/зуб, карта 58 [42, с.181].

Назначим поправочные коэффициенты, карта 60 [42]:

- при твердости HB = 170 – $K_{SM} = 1,2$;
- материал пластины ВК10-ОМ – $K_{Si} = 0,8$;
- отношение фактической ширины к нормативной $K_{SB} = 1,1$;
- главный угол в плане $\varphi = 67^\circ$ – $K_{S\varphi} = 1,0$;
- способ крепления пластины механический – $K_{Sp} = 1,0$
- критерий износа – $K_{Sh3} = 1,0$
- группа обрабатываемого материала – $K_{So} = 1,0$, карта 66

Подача для черновой обработки (3.5):

$$s_{Z1} = 0,14 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,15 \text{ мм/зуб.}$$

Подача для чистовой обработки (13):

$$s_{Z2} = 0,12 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,13 \text{ мм/зуб.}$$

Нормативный период стойкости резца [42, с.283]: $T_H = 60$ мин.

Скорость и мощность резания определяем с учетом коэффициентов:

$$v = v_T \cdot K_{vM} \cdot K_{v\Pi} \cdot K_{v\Pi} \cdot K_{vp} \cdot K_{v\varphi} \cdot K_{vB} \cdot K_{vT} \cdot K_{vЖ} \cdot K_{vO} \quad (3.6)$$

$$N = N_T \cdot K_{NM} \cdot K_{N\Pi} \cdot K_{N\varphi} \cdot K_{NB} \quad (3.7)$$

Определяем составные элементы, карта 65 [42, с.189]:

- для черновой обработки $v_T = 289$ м/мин; $N_T = 11,3$ кВт,
- для чистовой обработки – $v_T = 313$ м/мин.

Назначим поправочные коэффициенты:

- при твердости HB = 170 – $K_{vM} = 1,20$; $K_{NM} = 0,85$;
- поверхность без корки – $K_{v\Pi} = K_{N\Pi} = 1,0$;
- материал пластины BK10-OM – $K_{v\Pi} = 1,1$;
- способ крепления пластины – $K_{vp} = 1,0$;
- главный угол в плане $\varphi = 67^\circ$ – $K_{v\varphi} = K_{N\varphi} = 1,0$;
- отношение ширины точения – $K_{vB} = K_{NB} = 1,0$;
- период стойкости – $K_{vT} = 1,0$;
- наличие охлаждения – $K_{vЖ} = 1,0$;
- группа обрабатываемости – $K_{vO} = 1,0$, карта 66 [42, с.195].

Скорость и мощность резания для черновой обработки (14):

$$v_1 = 289 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 380 \text{ м/мин.}$$

$$N_1 = 11,3 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 9,6 \text{ кВт, } N_1 < N_3$$

Скорость резания для чистовой обработки (14):

$$v_2 = 313 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 413 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя:

- черновая – $n_1 = (1000 \cdot 380) / (\pi \cdot 63) = 1920 \text{ мин}^{-1}$;
- чистовая – $n_2 = (1000 \cdot 413) / (\pi \cdot 63) = 2090 \text{ мин}^{-1}$;

Расчетные значения минутной подачи:

- черновая – $s_{M1} = s_{Z1} \cdot z \cdot n_1 = 0,15 \cdot 5 \cdot 1920 = 1440 \text{ мм/мин}$;
- чистовая – $s_{M2} = s_{Z2} \cdot z \cdot n_2 = 0,13 \cdot 5 \cdot 2090 = 1360 \text{ мм/мин}$;

Так как данный станок имеет бесступенчатое регулирование, принимаем расчетные значения: скорости резания и оборотов шпинделя.

Минутную подачу проверим по частоте вращения стола (см. табл.13), исходя из диаметра окружности 240 мм, по которой движется резца:

$$n = s_m / (D \cdot \pi) = 1440 / (\pi \cdot 240) = 2 \text{ мин}^{-1}$$

Следовательно, принимаем расчетные значения минутной подачи, которые обеспечиваются техническими параметрами станка.

2. Черновое, получистовое и чистовое растачивание отверстия – $\varnothing 24^{(+0,072)}$

Режущий инструмент – Блок расточной однорезцовый (обозначение 2192-4007), установленный на расточной оправке $\varnothing 38\text{мм}$, $L = 155\text{мм}$ (6300-4011-05) с коническим хвостовиком по ГОСТ 25827-93, тип 3. Для чистового растачивания – блок расточной с микрометрической вставкой (обозначение 2192-4020).

Материал пластин [42, с.263]: для черновой и получистовой обработки – ВК8, форма – квадратная; чистовой обработки – ВК6-ОМ, форма – трехгранная [42, с.266], крепление – L-образным рычагом.

Для черновой и получистовой обработки: главный угол в плане – $\varphi = 75^\circ$; вспомогательный – $\varphi_1 = 15^\circ$; задний угол $\alpha = 6^\circ$; передний угол $\gamma = 10^\circ$; ширина фаски режущей кромки – $f = 0,6 \text{ мм}$; ширина скругления режущей кромки – $\rho = 0,05 \text{ мм}$; радиус вершины резца – $r_b = 1,2 \text{ мм}$.

Для чистовой обработки: $\varphi = 90^\circ$; $\varphi_1 = 30^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; $\gamma = 15^\circ$; $f = 0,4 \text{ мм}$; $\rho = 0,04 \text{ мм}$; $r_b = 1,6 \text{ мм}$.

Назначим поправочные коэффициенты, карта 11 [42, с.52-55]: материал пластины ВК8 – $K_{Sn} = 1,1$; состояние поверхности $K_{Sp} = 1,0$; при твердости $HB = 170$ – $K_{Sm} = 1,15$; диаметр детали $K_{SD} = 1,0$; главный угол в плане $\varphi = 45^\circ$ – $K_{S\varphi} = 1,4$; вылет резца – $K_{Sl} = 1,0$

Подача для черновой обработки (16):

$$s_{O1} = 0,65 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 1,0 = 1,15 \text{ мм/об.}$$

Подача для чистовой обработки (16):

$$s_{O2} = 0,53 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 1,0 = 0,94 \text{ мм/об.}$$

Таблица 3– Параметры режимов резания для расточки отверстия

Параметры режима резания	Стадия обработки		
	черновая	получистовая	чистовая
Глубина резания t , мм.	1,5	0,5	0,25
Табличная подача s_{OT} , мм/об. карта 9, 12 /24, с.50, 56/	0,65	0,53	0,28
Принятая подача s_O , мм/об.	1,15	0,94	0,16
Табличная скорость резания v_T , м/мин. карта 21, /24, с.75/	93	101	395
Скорректированная скорость резания v , м/мин	84	91	241
Фактическая частота вращения шпинделя n_ϕ , мин ⁻¹	134	145	374
Фактическая скорость резания v_ϕ , м/мин	84	91	235
Табличная мощность резания N_T , кВт. карта 21, /24, с.75/	9,1	8,0	-
Фактическая мощность резания N , кВт	6,6	5,8	-
Скорость подачи v_S , мм/мин	154	136	60

Подача определяется по формуле:

$$s_O = s_{OT} \cdot K_{Si} \cdot K_{Sp} \cdot K_{Sm} \cdot K_{SD} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{SI} \quad (3.8)$$

Назначим поправочные коэффициенты, карта 11 [42, с.52-55]: материал пластины ВК8 – $K_{Si} = 1,1$; состояние поверхности $K_{Sp} = 1,0$; при твердости НВ = 170 – $K_{Sm} = 1,15$; диаметр детали $K_{SD} = 1,0$; главный угол в плане $\phi = 45^\circ$ – $K_{S\phi} = 1,4$; вылет резца – $K_{SI} = 1,0$

Подача для черновой обработки (16):

$$s_{O1} = 0,65 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 1,0 = 1,15 \text{ мм/об.}$$

Подача для чистовой обработки (16):

$$s_{O2} = 0,53 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 1,0 = 0,94 \text{ мм/об.}$$

Принятое значение подачи для черновой обработки проверим по осевой P_x и радиальной P_y составляющим силы резания, допустимым прочностью механизма подач. Табличные значения [42, с.98]: $P_{ХТ} = 1020$ Н; $P_{УТ} = 430$ Н.

Поправочные коэффициенты, карта 33 [42, с.99-100]:

- мех. свойства обрабатываемого материала – $K_{PMx} = K_{PMY} = 0,9$;
- главный угол в плане $\varphi = 45^\circ$ – $K_{P\varphi x} = 0,70$; $K_{P\varphi y} = 2,0$;
- переднего угла – $K_{P\gamma x} = K_{P\gamma y} = 0,9$;
- Угла наклона реж. кромки – $K_{P\lambda x} = K_{P\lambda y} = 1,0$

Определим значения составляющих сил резания:

$$P_x = P_{ХТ} \cdot K_{PMx} \cdot K_{P\varphi x} \cdot K_{P\gamma x} \cdot K_{P\lambda x} = 1020 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 580 \text{ Н}$$

$$P_y = P_{УТ} \cdot K_{PMY} \cdot K_{P\varphi y} \cdot K_{P\gamma y} \cdot K_{P\lambda y} = 430 \cdot 0,9 \cdot 2,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 670 \text{ Н.}$$

Рассчитанные значения составляющих силы резания, меньше допустимых механизмом подач станка, следовательно, принимаем расчетную подачу для черновой обработки. Табличные и принятые значения подач, заносим в таблицу3. [17]

Назначим поправочные коэффициенты для чистовой подачи, карта 14 [42, с.58-59]: $K_{SM} = 1,15$; $K_{SI} = 1,0$; $K_{Sr} = 1,39$; $K_{Sk} = 1,0$; $K_{SD} = 1,0$.

Подача для чистовой обработки (16):

$$s_{O3} = 0,28 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,39 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,45 \text{ мм/об.}$$

Проверка выбранной подачи по обеспечению шероховатости:

при $r_b = 1,6$ мм – $s_{OТЗ} = 0,19$ мм/об, карта 25 [42, с.87].

С учетом поправочных коэффициентов, карта 26 [24, с.88]: $K_{SM} = 0,85$; $K_{Si} = 1,0$; $K_{So} = 1,0$; $K_{Sж} = 1,0$. Подача для обеспечения заданной шероховатости составит (16):

$$s_{O3} = 0,19 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,16 \text{ мм/об.}$$

Окончательно принимаем меньшее значение подачи для чистовой обработки.

Выбор скорости резания

Назначим поправочные коэффициенты для черновой, получистовой и чистовой обработки, карта 21 и 23 [42, с.82-84]: $K_{VH} = 0,75$; $K_{Vc} = 0,5$; $K_{Vo} = 1,0$; $K_{Vj} = 1,1$; $K_{VM} = 1,30$; $K_{V\phi 1,2} = 1,4$, $K_{V\phi 3} = 0,95$; $K_{VT} = 1,20$; $K_{Vж} = 1,0$.

Значение скорости резания определяется по формуле:

$$v = v_T \cdot K_{VH} \cdot K_{Vc} \cdot K_{Vo} \cdot K_{Vj} \cdot K_{VM} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{VT} \cdot K_{Vж} \quad (3.9)$$

Скорость резания для черновой обработки (17):

$$v = 93 \cdot 0,75 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 84 \text{ м/мин};$$

Скорость резания для получистовой обработки (17):

$$v = 101 \cdot 0,75 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 91 \text{ м/мин};$$

Скорость резания для чистовой обработки (17):

$$v = 395 \cdot 0,75 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 0,95 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 241 \text{ м/мин};$$

Частота вращения стола определяется по формуле:

$$n = (1000 \cdot v) / (\pi \cdot D) \quad (3.10)$$

Исходя из того что все приводы станка имеют бесступенчатое регулирование, то все расчетные значения принимаем как фактические, следовательно фактическая скорость резания будет иметь такие же значения, что и расчетная. Определяем частоту вращения шпинделя и вносим в таблицу 20, внося корректировку по частоте вращения для чистовой обработки. [22]

Проверка выбранных режимов по мощности привода.

Для черновой и получистовой обработки – мощность резания по карте 21 [42, с.75], корректируем коэффициентом $K_{NM} = 0,8$ [42, с.85] и определяем по выражению: $N = N_T \cdot K_{NM} \cdot (v_{\phi} / v_T)$.

Для черновой обработки: $N = 9,1 \cdot 0,8 \cdot (84/93) = 6,6 \text{ кВт}$.

Для получистовой обработки: $N = 8,0 \cdot 0,8 \cdot (91/101) = 5,8 \text{ кВт}$.

Режимы резания обеспечиваются мощностью станка. Значения мощности необходимой для резания приведены в таблице 4

Значения режимов резания для остальных переходов операции 005, в последовательности приведенной в таблице 13 /см. с.59/, приведены в таблице 4. [25]

Таблица 4 – Параметры режимов резания для технологических переходов операции 005.

Параметры режима резания	Технологические переходы								
	t, мм.	s _{OT} , мм/об.	s _O , мм/об.	v _T , м/мин	v _ф , м/мин	n _ф , мин ⁻¹	N _T , кВт.	N, кВт	v _S , мм/мин
1 точить фаску *	1,5	0,22	0,31	167	150	240	-	-	74
2 сверлить сквозные отверстия	8,0	0,39	0,38	19,4	21	420	1,64	1,66	160
3 резать резьбу	1,0	-	1,814	12,0	12,0	212	0,78	0,78	384,6
4 сверлить сквозные отверстия.	7,5	0,39	0,38	19,4	21	445	1,64	1,66	169
5 сверлить глухие отверстия.	6,9	0,39	0,38	19,4	21	480	1,64	1,66	182
6 зенковка	1,5	0,27	0,28	10,0	11	160	6,41	6,47	45
7 резать резьбу	1,1	-	2,0	12,0	12,0	238	0,78	0,78	476

3. Переход 3. Точить фаску 5×45°.

Диаметр сечения резца – 40 мм, вылет резца – 100 мм.

Материал пластины – ВК8, форма пластины – квадратная.

$\varphi = 45^\circ$; $\varphi_1 = 45^\circ$; $\alpha = 6^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $f = 0,6$ мм; $\rho = 0,05$ мм; $r_b = 1,2$ мм.

Табличная подача для фаски по карте 27 [42, с.89].

$$\text{Формула: } s_O = s_{OT} \cdot K_{S\varphi} \cdot K_{S\pi} \cdot K_{SM} \cdot K_{SD} \cdot K_{S\varphi} \cdot K_{SI} \quad (3.11)$$

Поправочные коэффициенты, карта 29 [42, с.91-92]: $K_{S\varphi} = 1,15$; $K_{S\pi} = 1,0$; $K_{SM} = 1,1$; $K_{S\pi} = 1,0$; $K_{SD} = 1,1$; $K_{S\varphi} = 1,0$

Подача для точения фаски :

$$s_{0\phi} = 0,22 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 0,31 \text{ мм/об} \quad (3.12)$$

Выбор скорости резания. Поправочные коэффициенты, карта 21 и 23 [42, с.82-84]: $K_{VH} = 0,75$; $K_{Vc} = 0,5$; $K_{Vo} = 1,0$; $K_{Vj} = 1,1$; $K_{Vm} = 1,30$; $K_{V\phi} = 1,4$; $K_{VT} = 1,20$; $K_{Vж} = 1,0$.

Значение скорости резания определяется по формуле:

$$v = v_T \cdot K_{VH} \cdot K_{Vc} \cdot K_{Vo} \cdot K_{Vj} \cdot K_{Vm} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{VT} \cdot K_{Vж} \quad (3.13)$$

$$v = 167 \cdot 0,75 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 150 \text{ м/мин};$$

Расчетные значения сводим в таблицу 4.

4. Сверление отверстий. Расчет ведем для всех переходов, так как размер режущего инструмента близок по значениям.

Режущий инструмент – Сверла спиральные из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком для станков с ЧПУ (ОСТ 2 И20-2-80) – Ø16, Ø15 и Ø13,8 мм. Форма заточки – нормальная. Материал – Р6М5 [47, с.183-185].

Табличные подача, скорость резания, мощности и осевой силы резания принимаем по картам. 46 [42, с.128]: $P_T = 6124 \text{ Н}$.

Подачу корректируем по формуле: $s_O = s_{OT} \cdot K_{SM}$

где коэффициент $K_{SM} = 0,99$, по карте 53 [42, с.142/].

Скорость корректируем с учетом поправочных коэффициентов, карта 53 [42, с.142-150] (приведены в пункте 5) (24):

$$v = 19,4 \cdot 0,99 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 21 \text{ м/мин};$$

Проводим корректировку мощности и осевой силы: $P = 6124 / 0,99 = 6186 \text{ Н}$.

Значения сводим в таблицу 4.

5. Переход 6 и 12. Нарезание резьбы. Режущий инструмент [42, с. 310]:

- Комплект из чернового и чистового метчиков машинных для нарезания трубной резьбы 1/2 дюйма (ГОСТ 3266-81). $p = 1,814 \text{ мм}$.

- Комплект из черного и чистового метчиков машинных для нарезания метрической резьбы М16-7Н (ГОСТ 3266-81). $p = 2,0$ мм.

Табличные скорость v_T , мощность N_T , осевую силу P_T , крутящий момент $M_{кр.т}$ и момент разрушения $M_{р.т}$, принимаем по карте 50 [42, с.135]: для дюймовой резьбы и для метрической принимаем одинаковые значения: $v_T = 12,0$ м/мин; $P_T = 55$ Н; $N_T = 0,78$ кВт; $M_{кр.т} = 2,8$ Н·м; $M_{р.т} = 20,4$ Н·м.

Скорость корректируем по формуле:

$$v = v_T \cdot K_{VM} \cdot K_{VK} = 12,0 \cdot 0,99 \cdot 1,0 = 12,0 \text{ м/мин.}$$

Поправочные коэффициенты, карта 53 /24, с.142-150/:

$$K_{VM} = K_{NM} = K_{PM} = K_{MM} = 0,99; K_{VK} = 1,0.$$

6. Переход 11. Зенковка отверстий.

Режущий инструмент – Зенковка (ОСТ 2 И20-5-80) – Ø22мм. Материал – Р6М5 /25, с.183-185/.

Табличные значения: подача $s_{от}$, скорость v_T , мощность N_T , осевую силу P_T , принимаем по карте 51 [42, с.138] и вносим в таблицу 20. $P_T = 869$ Н;

Подачу корректируем по формуле: $s_O = s_{от} \cdot K_{SM}$

где коэффициент $K_{SM} = 0,99$, по карте 53 [42, с.142]

Скорость корректируем с учетом поправочных коэффициентов, карта 53 [42, с.142-150] (приведены в пункте 5) (14):

$$v = 10,0 \cdot 0,99 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 11 \text{ м/мин;}$$

Поправочные коэффициенты, карта 53 [42, с.142-150]:

$$K_{VM} = K_{NM} = K_{PM} = K_{MM} = 0,99.$$

3.2 Сборка гидropескоструйного перфоратора

Сборка перфоратора начинается с корпуса, в корпус закручивают 12 насадок, в которые предварительно вентили твердосплавную вставку.

После этого, корпус соединяют с электродвигателем с помощью замковой резьбы и далее вкручивают в НКТ.

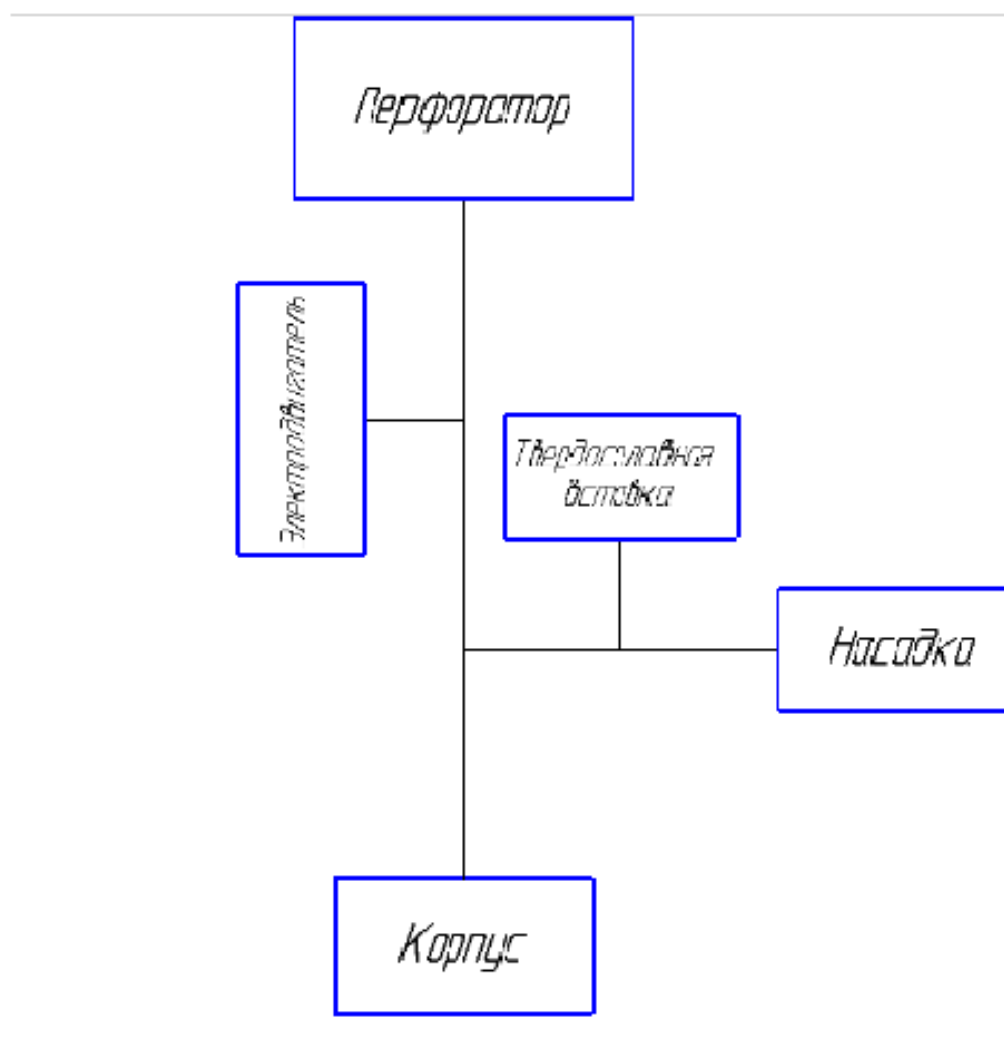


Рисунок 16 - Схема сборки ГПП перфоратора

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения работы проведен анализ методов и способов перфорации, также проведен анализ служебного назначения, технических условий, и технических требований.

Проведен анализ конструкции сопел и служебного назначения.

Разработан технологический процесс сборки перфоратора и механической обработки корпуса перфоратора. Подготовлена рабочая документация на гидropескоструйный перфоратор.

Произведен расчет параметров проведения гидropескоструйной перфорацию.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. В.И.Щуров «Технология и техника добычи нефти», -Москва, Изд «Недра», 1983г. (стр.67-69)
2. Словарь по геологии нефти и газа.— Л.: Недра, 1988г. (стр. 414)
3. Кудинов А.И. «Основы нефтепромыслового дела», - Изд. Удм. Универс., 2008г. (стр.218-224)
4. Краткий справочник по прострелочно-взрывным работам. 3е издание, - Москва, Изд «Недра», 1990г. (стр.56-102)
5. Кудинов В.И., Сучков Б.М. Методы повышения производительности скважин. Самара: Кн. изд-во, 1996. 414 с.
6. М. Кристиан, С. Сокол, А. Константинеску. Увеличение продуктивности и приемистости скважин: Пер. с румынск. - М.: Недра, 1985. -185 с.
7. П.М. Усачев. Гидравлический разрыв пласта. Учебное пособие для учащихся профтехобразования и рабочих на производстве. - М.: Недра, 1986. - 166 с.
8. Муравенко В.А. Буровые машины и механизмы: справочно-информационное издание. Том 2/ В.А. Муравенко, А.Д. Муравенко, В.А. Муравенко. – Москва–Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2002. – 464 с.;
9. Волков Д.П. Надежность строительных машин и оборудования: учеб.пособие для студентов вузов./ Д.П. Волков, С.Н. Николаев.—М.: Высш. школа, 1979. —400 с.;
10. .Пат. №2044197 Российская Федерация, МПК F16H25/06, Редуктор с передачей большой осевой силы / Сухих Р.Б. Патентообладатель Сухих Р.Б., Харитонов М.Ф., Пиковский И.М., заявка 2044197, 18.06.1992, опубликовано 20.09.1995

11. Курсовое проектирование по технологии машиностроения_ Горбацевич А. Ф., Шкред В.А., 4-е изд., перераб. и доп. - Мн.: Высшая школа, 1969.-358 с.
12. Кутай А.К., Романов А.Б., Рубинов А.Д. Справочник контрольного мастера/[Под редакцией доктора технических наук А.К. Кутая]. - л.: Ленинздат, 1980. - 304 С, ил.
13. .И.Лейкин Н.Н. Конструирование пресс-форм для изделий из пластических масс. М.: Машиностроение, 1966. 243 с.
14. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм И др.; Под общ. Ред. А.А. Панова. - М.: Машиностроение. 1988. - 736 С: ил.
15. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного при работе на металлорежущих станках. Серийное производство. М.: Машиностроение, 1965.
16. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник: В 2-х т.: Т. 1/ А.Д. Локтев, И.Ф. Гущин, В.А. Батуев и др. М.: Машиностроение. 1991.-640 С: ил.
17. Радомысельский И.Д., Печентковский Е.Л., Сердюк Г.Г. Пресс-формы для порошковой металлургии. Киев, Техника, 1970. 172 с.
18. Расчёт и проектирование пресс-форм. Грабак А.К., Радомысельский И.Д., Сердюк Г.Г. Учебное пособие. Киев, 1988, 53 с.
19. Руководство к дипломному проектированию по технологии машиностроения, металлорежущим станкам и инструментам. Учеб. пособие для вузов спец. «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты»/ Под общ. ред. Худобина Л.В. - М.: Машиностроение, 1986. - 288 С: ил.
20. Солонин И.С., Солонин СИ. Расчёт сборочных и технологических размерных цепей. - М.: Машиностроение, 1980. -ПО с.

21. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч./В.Д. Мягков и др. - 6-е изд. перераб. и доп. - Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1982. - Ч. 1. 543 с, ил.
22. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч./В.Д. Мягков и др. - 6-е изд. перераб. и доп. - Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1982. - Ч. 2. 448 с, ил.
23. Справочник технолога-машиностроителя. Под ред. А.Н. Маслова, том 2, М.: Машиностроение, 1972 г.
24. Справочник технолога-машиностроителя. Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, том 1, М.: Машиностроение, 1986. - 496 с, ил
25. Справочник технолога-машиностроителя. Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, том 2, М.: Машиностроение, 1986. -496 с, ил.
26. Справочник технолога. Точность обработки, заготовки и припуска в машиностроении. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., М.: Машиностроение, 1976 г.
27. Технология машиностроения (специальная часть): Учебник для машиностроительных специальностей вузов/ А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов и др. - М.: Машиностроение, 1986. - 480 с: ил.
28. .Выбор экономического варианта технологического процесса. Метод, указания по курсовой работе, Красноярск, 1987 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ А